



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

**Cálculo y selección de sistema de rociadores contra
incendio**

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Jorge Germán PÉREZ PIÑAS

ASESOR

William Wilfredo CHAUCA NOLASCO

Lima, Perú

2016



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Pérez J. (2016). *Cálculo y selección de sistema de rociadores contra incendio*. [Monografía técnica de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS POR LA MODALIDAD M3, SUFICIENCIA PROFESIONAL

Siendo las 18:00 horas del día jueves 09 de junio de 2016 en el Aula 205 de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, bajo la presidencia del Dr. Ing. CÉSAR QUISPE GONZÁLES y con la asistencia del Ing. ELISEO PAEZ APOLINARIO y del Ing. HENRY PALA REYES, miembros del Jurado Examinador de Monografía Técnica, de conformidad con la Resolución Rectoral N° 01934-R-02 que aprueba las diferentes modalidades de titulación profesional, se dio inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Monografía Técnica en la que el Bachiller JORGE GERMAN PÉREZ PIÑAS puso a consideración del Jurado Examinador su trabajo de Monografía Técnica como parte de los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la Modalidad M3, Suficiencia Profesional.

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente e invitó al Bachiller JORGE GERMAN PÉREZ PIÑAS, a realizar la exposición de su trabajo titulado "CÁLCULO Y SELECCIÓN DE SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO" durante un tiempo de 30 minutos.


Concluida la exposición del candidato, y luego de las preguntas de rigor de parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller a abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación correspondiente. Se procedió a promediar la nota final obtenida en los cursos del Ciclo de Actualización Profesional (CAP), y el resultado se promedió a su vez con la nota de sustentación de la monografía para hallar el promedio final.

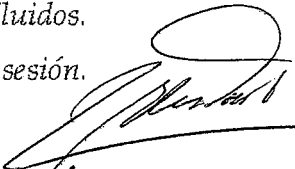
Al término de la deliberación del jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida, la misma que fue:

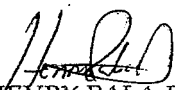
QUINCE 15

El Presidente del Jurado Examinador, Dr. Ing. CÉSAR QUISPE GONZÁLES, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller JORGE GERMAN PÉREZ PIÑAS Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 19:10 horas del mismo día, se levantó la sesión.


Dr. Ing. CÉSAR QUISPE GONZÁLES
Presidente de Jurado Examinador


Ing. ELISEO PAEZ APOLINARIO
Miembro de Jurado Examinador


Ing. HENRY PALA REYES
Miembro de Jurado Examinador

DEDICATORIA:

A Dios por darme la oportunidad de darme salud para poder llegar a este momento con el cual culmino una etapa de mi vida.

A mi abuela Natividad Yactayo Vicente por brindarme un lugar donde vivir y poder estudiar tranquilamente en mi etapa escolar.

A mis padres Jorge Luis y Carmen que siempre me apoyaron y me dieron la base para poder ser un profesional.

A mi esposa Lucia que con su apoyo me da la tranquilidad emocional.

A tres hijos Jorge Fabián, Luciana Yasmin y Ximena Lucia que son mi motor y motivo para luchar en la vida.

A mis dos hermanas Gianina Carmen e Iraida Natalia que están siempre en las buenas y en las malas.

A mi tía Dina Edith Pérez Yactayo por su apoyo en las tareas escolares, Dios la tenga en su gloria.

A mi madrina Haydee Gloria Piñas Ynga por su constante apoyo.

A mis tíos Pérez y Piñas que con su aliento me dan fortaleza.

Al Dr. Andrés Valderrama por su apoyo a concretar mi etapa de pregrado, Dios lo tenga en su gloria.

Al Ing. Williams Chauca Nolasco por su asesoría en este trabajo.

A mí querida escuela de Ingeniería Mecánica de Fluidos y profesores por las experiencias y conocimientos adquiridos durante mi etapa universitaria.

INDICE

	Página
INDICE	1
INTRODUCCION	5
CAPITULO I GENERALIDADES	6
1.1 GENERALIDADES	6
1.2 Objetivos	6
1.2.1 Objetivo Principal	6
1.2.2 Objetivo Específico	6
1.3 Justificación del estudio	7
1.4 Alcance del estudio	7
1.5 Descripción del sistema.	7
1.6 Componentes de un sistema contra incendio	9
CAPITULO II MARCO TEORICO	10
2.1 Antecedentes	10
2.2 Definiciones Básicas De Mecánica De Fluidos	10
2.2.1 Características Fundamentales de Los Fluidos	11
3.2.1.1 Fluido estático	11
2.2.1.1.1 Presión de los Fluidos	11
2.2.1.1.2 Hidrostática	12
2.2.1.2 Flujo en tuberías	12
2.2.1.3 Dinámica de fluidos	13
2.2.1.4 Régimen de Flujos	13
2.2.1.5 Perdidas en tuberías	14
2.2.1.6 Ecuación de continuidad	14
2.2.1.7 El principio de Bernoulli	15
2.2.1.8 Perdidas Continuas	16
2.2.1.9 Perdidas Localizadas	16

2.2.1.10 Descarga a través de orificios	16
2.2.1.11 Ecuación de Hazen - Williams	19
2.2.1.12 Ecuación de Darcy-Weisbach	20
2.3 El fuego	21
2.3.1 Calor	22
2.3.1.1 Comburente	23
2.3.1.2 Combustible	23
2.3.2 Clases De Fuego	23
2.3.3. Causas que provocan un incendio	24
2.4. El Sistema Activo De Protección Contra incendios	25
2.4.1. Medidas de protección pasiva	25
2.4.2. Medidas de protección activa	26
2.4.2.1. Medidas de extinción de incendios manuales	26
2.4.2.2. Medidas de extinción de incendios automáticos	26
2.4.3. Boca de incendio equipada (BIE)	26
2.4.4. Extintor	27
2.4.4.1. Agente extintor	27
2.4.4.2. Carga de un extintor	27
2.4.4.3. Tipos de extintores	27
2.4.5. Hidrantes	28
2.4.6. La manguera contra incendios	29
2.4.6.1. Tamaños de las mangueras contra incendios	29
2.4.7. Lanza contra incendios	29
2.4.8. Monitor contra incendios	30
2.4.9. Sistema de agua pulverizada	30
2.4.10. Sistemas de extinción por rociadores	31
2.4.10.1. Principio de operación de los rociadores	32
2.4.10.2. Sistema de rociadores de diluvio	32
2.5 Partes del sistema contra incendio.	32
2.5.1 Abastecimiento De Agua.	32
2.5.1.1 Fuentes de alimentación.	33
2.5.1.2 Tipos de Fuente de alimentación.	33

2.5.2 Equipos de bombeo.	34
2.5.2.1 Características Generales de los equipos de bombeo	35
2.5.3 Sistemas automáticos de extinción.	37
2.5.3.1 Elementos de Sistema Automáticos.	37
2.5.3.2 Tipos de Sistema Automáticos	37
2.5.4 Sistema de rociadores.	38
2.5.4.1 Definición de rociadores.	38
2.5.4.2 Tipos de rociadores.	39
2.5.4.3 Tipos de sistema de rociadores.	41
2.5.4.3.1 Sistema de tubería húmeda.	41
2.5.4.3.2 Sistema de tubería seca.	42
2.5.4.3.3 Sistema de diluvio.	43
2.5.4.3.4 Sistema de Pre acción.	44
2.5.5 Componentes del sistema de rociadores.	55
2.5.6 Características de las instalaciones	46
2.6 Normatividad Peruana en Protección Contra incendios	47
2.6.1 National Fire Protection Association (NFPA)	49
2.6.2 Underwriter Laboratories (UL)	50
2.6.3 Factory Mutual (FM)	50
2.6.4 NFPA 25 Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas	
Contra incendio a base de agua	51
 CAPITULO III CALCULO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO	 54
3.1 Criterios para diseñar y seleccionar un sistema de rociadores	54
3.1.2 Determinar El Tipo De Sistema Y Configuración	54
3.1.3 Determinación de la Clase de Riesgo de la Ocupancia	56
3.1.4 Determinación del área protegida por cada rociador	57
3.2 Cálculos Hidráulicos para sistema de rociadores	57
3.2.1 Método de Cálculo Hidráulico para sistema de rociadores	57
3.2.1.1 Selección del área hidráulicamente más remota	58
3.2.1.2 Selección de Ocupantica	58

3.2.1.3 Selección de densidad Hidráulica	58
3.2.1.4 Determinación de la longitud del área de diseño	59
3.2.1.5 Numero de rociadores a lo largo de la Longitud de Diseño	60
3.2.1.6 Configuración de rociadores en el área de diseño	60
3.2.1.7 Mínimo flujo del rociador más crítico	60
3.2.1.8 Mínima presión del rociador	60
3.2.1.9 Determinación de la pérdida por fricción	61
3.2.1.10 Mangueras Contra Incendio	61
 CAPITULO IV DISEÑO DEL SISTEMAS DE ROCIADORES CONTRA INCENDIOS	 62
CAPITULO V EVALUACION ECONOMICA	84
5.1. Tipos de Costos	84
5.1.1 Costos directos	84
5.1.2 Costos indirectos	84
5.1.3 Costos de oportunidad	84
5.2. Tipos de beneficio	85
5.2.1 Beneficios percibidos por las personas	85
5.2.2 Beneficios objetivos no monetarios	85
5.2.3 Beneficios monetarios	85
5.3 Presupuesto Estimado	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFIA	91
PLANOS Y ANEXOS	

INTRODUCCION

Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructura y a seres vivos.

La exposición de los seres vivos a un incendio puede producir daños muy graves hasta la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por la intoxicación y posteriormente quemaduras graves.

Para minimizar este problema está la Ingeniería de Protección Contra Incendio. El profesional de protección contra incendio es el encargado de proteger vidas humanas como principio fundamental, para ello este especialista debe estar calificado por la experiencia y los conocimientos de la ingeniería aplicada a los diseños de protección contra incendio, la misma que está basado en principios de física, química, termodinámica, estática, dinámica, dinámica de fluidos, hidráulica de tuberías y las ciencias matemáticas.

El Ingeniero Mecánico de Fluidos está en la capacidad de ser un experto en la Ingeniería de Protección Contra Incendios.

Este profesional debe trabajar de la mano con las demás especialidades como son: Arquitectura, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Sanitaria, Ingeniería Civil, entre otras.

Para poder calcular y seleccionar correctamente un sistema de protección contra incendio, el profesional debe conocer en profundidad las normas y conceptos que enmarcan temas específicos como en el caso del abastecimiento de agua, tanques y/o reservorios. Tipos de bombas, redes interiores y exteriores, Hidrantes y Sistema de rociadores automáticos, entre otros conocimientos propiamente del tema.

El presente trabajo se presenta en el capítulo uno, las generalidades, los objetivos, la justificación, alcance del estudio, aspectos generales como la descripción del sistema y los componentes de un sistema contra incendio, dentro del segundo capítulo esta todo el marco teórico desde las ecuaciones básicas de la Ingeniería Mecánica de Fluidos hasta la Ingeniería de Protección Contra Incendios, en el tercer capítulo se muestra el cálculo y selección del sistema de rociadores contra incendio, en el cuarto capítulo vemos un ejemplo aplicativo del diseño del sistema de rociadores contra incendio y por último en el capítulo cinco se muestran una evaluación económica, cuanto costo la instalación y materiales y por ultimo las conclusiones y recomendaciones de esta monografía.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 GENERALIDADES

Los incendios constituyen el más grave riesgo para las viviendas y lugares de trabajo del ser humano. Las consecuencias ocasionadas por un incendio, se resumen en una sola palabra: “pérdidas”.

Siempre habrá pérdidas materiales de bienes familiares, sociales o empresariales. Sin embargo, lo más grave y doloroso por ser pérdidas irreparables son las pérdidas de vidas humanas y el daño ecológico que llega a ocasionar este tipo de incidentes. Probablemente nunca dejara de haber incendios, pero sí es posible reducir notablemente las dimensiones del daño producido por cualquier tipo de fuego mediante acciones adecuadas de incremento de la protección contra incendios

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general:

El Objetivo general es la de calcular y seleccionar un sistema rociadores contra incendio en un centro educativo de acuerdo a las normas vigentes como son el Reglamento Nacional de Construcciones.

1.2.2 Objetivos específicos:

Entre los Objetivos específicos tenemos:

Proponer un documento que sirva como guía para la elaboración de un cálculo y selección de sistema de rociadores y de acuerdo a los resultados obtenidos diseñar dicho sistema en un centro educativo.

Realizar el esquema de distribución de rociadores en el área de estudio.

Determinar las necesidades de Caudal y Presión en el sistema de rociadores contra incendio.

Determinar la caída de presión en el sistema de rociadores contra incendio.

Seleccionar la bomba principal y la bomba jockey del sistema de rociadores contra incendio.

1.3 Justificación del estudio

El estudio de un sistema contra incendios se va a realizar con el fin de brindar una seguridad adecuada a los usuarios y así evitar pérdidas humanas en este tipo de inconveniente que tiene la sociedad en general. En nuestro país al no tener conocimientos y desarrollo sobre la nueva tecnología existente en el mundo, en lo referente a seguridad, esto ha conllevado a que exista un deficiente desarrollo en sistemas de prevención de incendios, por lo que de manera urgente se debe realizar investigaciones sobre la factibilidad de utilizar otro tipo de sistemas para de esta manera evitar la pérdida de vidas humanas y de recursos económicos.

Por lo tanto, este tipo de sistemas ayudaría a prevenir los incendios en: Hospitales, iglesias, clubes, centros educativos, bibliotecas, museos, oficinas, viviendas, hoteles, teatros, cines, supermercados, centros comerciales, embotelladoras, plantas industriales, etc.

1.4 Alcance del estudio

Están dentro del alcance de esta monografía el cálculo y selección optima de los sistemas de rociadores para brindar las condiciones de seguridad exigidas por las normas vigentes. También forma parte de este trabajo los criterios para diseñar un sistema de rociadores, de acuerdo a los respectivos cálculos hidráulicos para la mejor selección de estos.

Generalmente, con ellas se trata de conseguir tres fines: Salvar vidas humanas Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego. Conseguir que las actividades del edificio puedan reanudarse en el plazo de tiempo más corto posible.

1.5 Descripción del sistema de rociadores automáticos

Los sistemas de rociadores automáticos desempeñan simultáneamente dos funciones con idéntica eficacia: detección y extinción de incendios.

Lo que debemos tener en cuenta para una adecuada selección de rociadores automáticos es:

- El buen cálculo y selección del sistema y su ejecución deben realizarse siguiendo los criterios fijados por la normativa en vigor para el riesgo a proteger
- Los distintos componentes de la instalación se deben someter a los protocolos de mantenimiento indicados por los fabricantes y señalados en la normativa aplicable en cada caso.

Las personas que ocupan edificios protegidos con rociadores automáticos deben ser conscientes de ello y estar instruidas para la evacuación ordenada en caso de incendio. Los sistemas se activarán automáticamente para controlar el fuego. La vida útil de los rociadores automáticos depende, en gran medida, de las condiciones ambientales a las que se encuentran sometidos. No obstante, basándose en la experiencia acumulada

durante más de 100 años, la normativa indica que se deben realizar pruebas en muestras de rociadores instalados con una antigüedad de:

- 50 años, si son del tipo estándar
- 20 años, si son de respuesta rápida
- 5 años, si son de alta temperatura

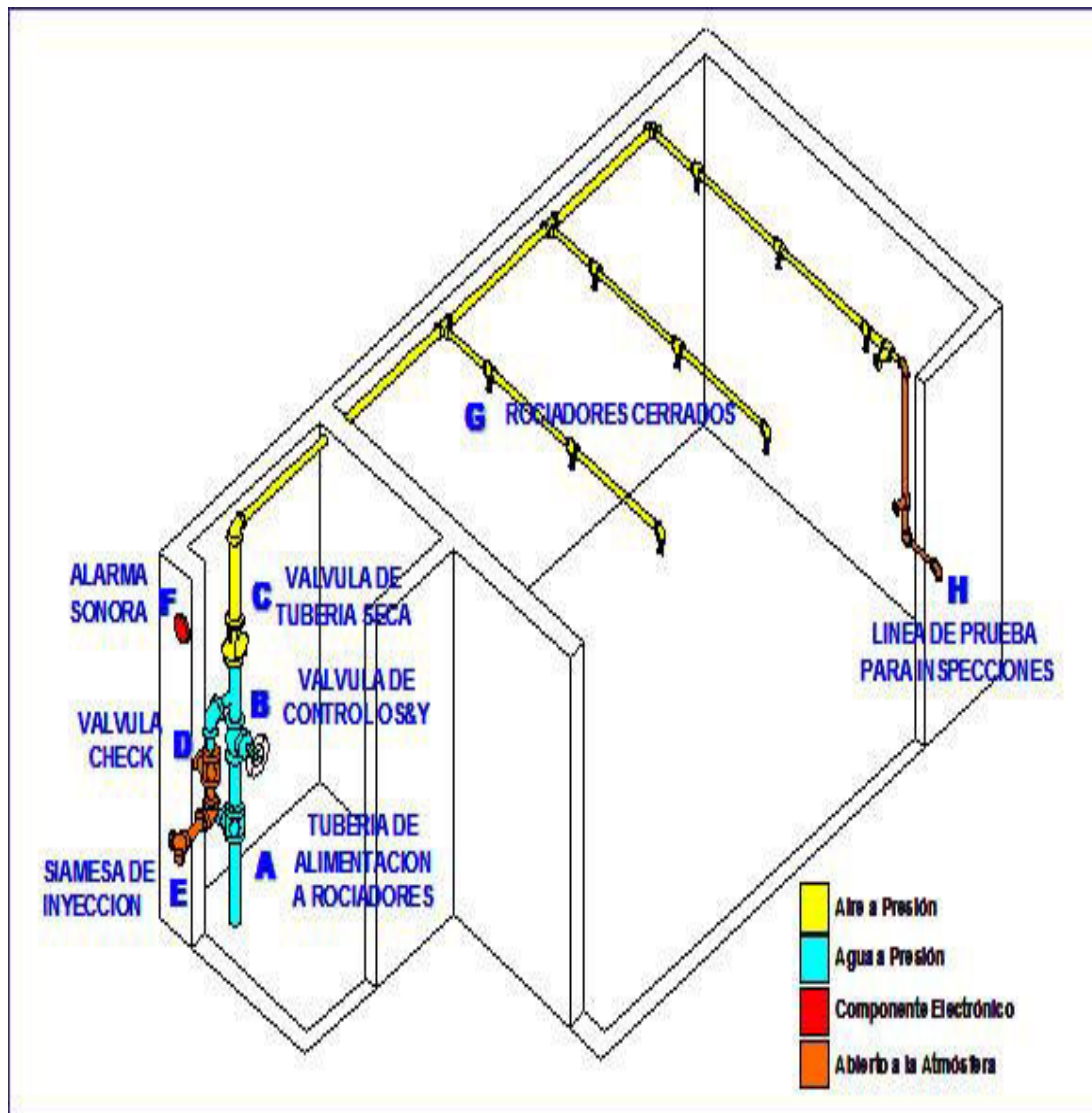


Figura 1.1 Montante y Sistema de Rociadores

Fuente: <http://www.elbombero.cl/foro/threads/minvu-obligar>

1.6 Las partes de un sistema contra incendio a base de agua.

Las partes de un sistema contra incendio a base de agua son la reserva de agua, sistema de bombeo, red contra incendios, montantes de agua contra incendio, sistemas de rociadores tubería aérea, accesorios, unión de tuberías, válvulas, detectores de flujo, conexión de inyección de agua (siamesa), hidrante de pared, gabinetes contra incendios, colgadores, soportes y protección contra sismos, monitores entre los más importantes.



Figura 1.2 Diagrama típico de un Sistema de Rociadores

Fuente: Wayne G. Carson / Richard L. Klinker "Sistema de Protección Contra Incendio Manual para Inspecciones, Pruebas y Mantenimiento"

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

Los sistemas de rociadores automáticos o sprinklers son uno de los sistemas más antiguos para la protección contra incendios en todo tipo de edificios. Están concebidos para detectar un conato de incendio y apagarlo con agua o controlarlo para que pueda ser apagado por otros medios. Los rociadores automáticos protegen prácticamente la totalidad de los inmuebles, salvo contadas ocasiones en las que el agua no es recomendable como agente extintor y deben emplearse otros sistemas más adecuados. Se trata de un sistema totalmente independiente y automático de protección contra incendios, por lo que no requiere de ningún otro sistema que los active.

En su funcionamiento más común, el concepto es muy sencillo: una red hidráulica presurizada con agua y unas boquillas de descarga, los rociadores o sprinklers, sobre los cuales la incidencia directa de la temperatura provoca un desprendimiento de parte de su cuerpo, liberando agua en cantidad suficiente para mojar una determinada área de acción.

Debido a su gran poder de descarga de agua, otra de las principales funciones que tienen las instalaciones de rociadores automáticos es la de refrigerar, por lo que es frecuente recurrir a estos sistemas para proteger estructuras portantes de edificios construidos con materiales deformables (madera o hierro), y de esta forma evitar o minimizar la necesidad de tratar dicha estructura con sistemas de protección pasiva contra el fuego, evitando de este modo el impacto estético negativo en su arquitectura interior.

2.2 Definiciones Básicas De Mecánica De Fluidos

El Fluido como un Continuo.

Un fluido es una sustancia que se deforma continuamente al ser sometida a un esfuerzo cortante (esfuerzo tangencial) no importa cuán pequeño sea.

Todos los fluidos están compuestos de moléculas que se encuentran en movimiento constante. Sin embargo, en la mayor parte de las aplicaciones de ingeniería, nos interesa más conocer el efecto global o promedio (es decir, macroscópico) de las numerosas moléculas que forman el fluido. Son estos efectos macroscópicos los que realmente podemos percibir y medir. Por lo anterior, consideraremos que el fluido está idealmente compuesto de una sustancia infinitamente divisible (es decir, como un continuo) y no nos preocuparemos por el comportamiento de las moléculas individuales.

2.2.1 Características Fundamentales de Los Fluidos

2.2.1.1 Fluido estático

La estática de fluidos estudia el equilibrio de gases y líquidos. A partir de los conceptos de densidad y de presión se obtiene la ecuación fundamental de la hidrostática, de la cual el principio de Pascal y el de Arquímedes pueden considerarse consecuencias. El hecho de que los gases, a diferencia de los líquidos, puedan comprimirse hace que el estudio de ambos tipos de fluidos tenga características diferentes. En la atmósfera se dan los fenómenos de presión y de empuje que pueden ser estudiados de acuerdo con los principios de la estática de gases.

Se entiende por fluido un estado de la materia en el que la forma de los cuerpos no es constante, sino que se adapta a la del recipiente que los contiene. La materia fluida puede ser trasvasada de un recipiente a otro, es decir, tiene la capacidad de fluir. Los líquidos y los gases corresponden a dos tipos diferentes de fluidos. Los primeros tienen un volumen constante que no puede mortificarse apreciablemente por compresión. Se dice por ello que son fluidos incompresibles. Los segundos no tienen un volumen propio, sino que ocupan el del recipiente que los contiene; son fluidos compresibles porque, a diferencia de los líquidos, sí pueden ser comprimidos.

2.2.1.1.1 Presión de los Fluidos

La presión en un fluido es la presión termodinámica que interviene en la ecuación constitutiva y en la ecuación de movimiento del fluido, en algunos casos especiales esta presión coincide con la presión media o incluso con la presión hidrostática. Todas las presiones representan una medida de la energía potencial por unidad de volumen en un fluido. Para definir con mayor propiedad el concepto de presión en un fluido se distinguen habitualmente varias formas de medir la presión:

- La presión media, o promedio de las presiones según diferentes direcciones en un fluido, cuando el fluido está en reposo esta presión media coincide con la presión hidrostática.
- La presión hidrostática es la parte de la presión debida al peso de un fluido en reposo. En un fluido en reposo la única presión existente es la presión hidrostática, en un fluido en movimiento además puede aparecer una presión hidrodinámica adicional relacionada con la velocidad del fluido. Es la presión que sufren los cuerpos sumergidos en un líquido o fluido por el simple y sencillo hecho de sumergirse dentro de este. Se define por la fórmula:

$$P_h = \gamma h \dots \dots \dots (2.1)$$

Donde P_h : presión hidrostática

$\gamma = \rho g$ es el peso específico

h profundidad bajo la superficie del fluido.

- La presión hidrodinámica es la presión termodinámica dependiente de la dirección considerada alrededor de un punto que dependerá además del peso del fluido, el estado de movimiento del mismo.

2.2.1.1.2 Hidrostática

La hidrostática es la rama de la mecánica de fluidos que estudia los fluidos en estado de reposo; es decir, sin que existan fuerzas que alteren su movimiento o posición.

Todos los líquidos pesan, por ello cuando están contenidas en un recipiente las capas superiores oprimen a las inferiores, generándose una presión debida al peso. La presión en un punto determinado del líquido deberá depender entonces de la altura de la columna de líquido que tenga por encima de él.

2.2.1.2 Flujo en tuberías

Son los flujos que quedan completamente limitados por superficies sólidas. Ej.: flujo interno en tuberías y en ductos.

Considerando un flujo incompresible a través de un tubo de sección transversal circular, el flujo es uniforme a la entrada del tubo y su velocidad es igual a U_0 . En las paredes la velocidad vale cero debido al rozamiento y se desarrolla una capa límite sobre las paredes del tubo. Ver figura 3.

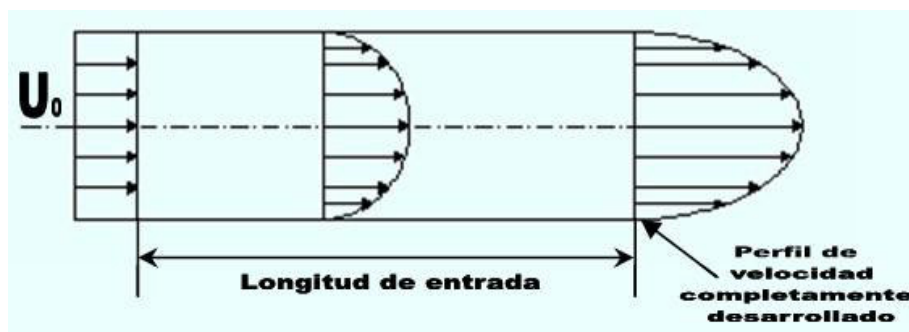


Figura 2.1 Perfiles de velocidad dentro de una tubería

Fuente: SHAVES IRVING A "Mecánica de fluidos"

2.2.1.3 Dinámica de fluidos

La dinámica de fluidos estudia los fluidos en movimiento y es una de las ramas más complejas de la mecánica. Aunque cada gota de fluido cumple con las leyes del movimiento de Newton las ecuaciones que describen el movimiento del fluido pueden ser extremadamente complejas. En muchos casos prácticos, sin embargo, el comportamiento del fluido se puede representar por modelos ideales sencillos que permiten un análisis detallado.

2.2.1.4 Régimen de Flujos

Flujo Laminar Y Flujo Turbulento En Tuberías

La naturaleza del flujo a través de un tubo está determinada por el valor que tome el número de Reynolds siendo este un número adimensional que depende de la densidad, viscosidad y velocidad del flujo y el diámetro del tubo. Se define como:

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu} \dots\dots\dots (2.2)$$

Si el Flujo es Laminar $Re < 2300$

Si el Flujo es Turbulento $Re > 2300$

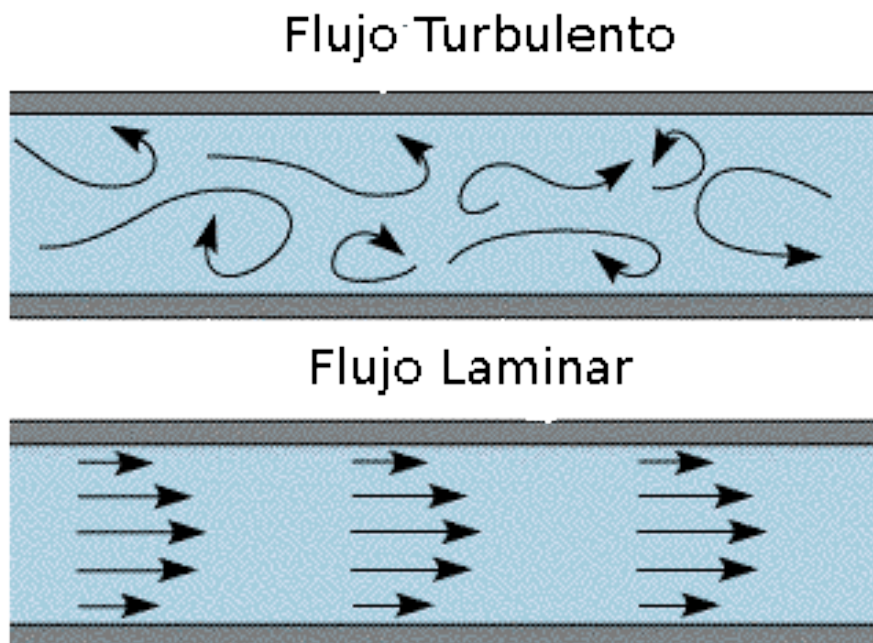


Figura 2.2 Diagramas de Flujo Turbulento y Flujo Laminar

Fuente: física. laguia2000.com/to/dinamica-clasica/flujo-laminar-y-flujo-turbulento

2.2.1.5 Perdidas en tuberías

Los cambios de presión que se tienen en un flujo incompresible a través de un tubo se deben a cambios en el nivel o bien a cambios en la velocidad debido a cambios en el área de la sección transversal y por otra parte al rozamiento.

En la ecuación de Bernoulli se tomó en cuenta únicamente los cambios de nivel y de velocidad del flujo. En los flujos reales se debe tener en cuenta el rozamiento. El efecto del rozamiento produce pérdidas de presión. Estas pérdidas se dividen en pérdidas mayores y en pérdidas menores

Pérdidas Mayores: se deben al rozamiento en un flujo completamente desarrollado que pasa a través de segmentos del sistema con área de sección transversal constante.

Pérdidas Menores: se deben a la presencia de válvulas, bifurcaciones, codos y a los efectos de rozamiento en aquellos segmentos del sistema cuya área de sección transversal no es constante.

2.2.1.6 Ecuación de continuidad

La conservación de la masa de fluido a través de dos secciones (sean éstas A_1 y A_2) de un conducto (tubería) o tubo de corriente establece que: la masa que entra es igual a la masa que sale.

Definición de tubo de corriente: superficie formada por las líneas de corriente.

Corolario 1: no hay flujo a través de la superficie del tubo de corriente.

Corolario 2: solo hay flujo de corriente si V es diferente de 0.

La ecuación de continuidad se puede expresar como:

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot V_2 \dots \dots \dots (2.3)$$

Cuando, $\rho_1 = \rho_2$ que es el caso general tratándose de agua, y flujo en régimen permanente, se tiene:

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \dots \dots \dots (2.4)$$

O de otra forma:

$$Q_1 = Q_2 \dots \dots \dots (2.5)$$

(El caudal que entra es igual al que sale)

Dónde:

- Q = caudal (metro cúbico por segundo; m^3/s)
- V = velocidad (m/s)
- A = área transversal del tubo de corriente o conducto (m^2)

Que se cumple cuando entre dos secciones de la conducción no se acumula masa, es decir, siempre que el fluido sea incompresible y por lo tanto su densidad sea constante. Esta condición la satisfacen todos los líquidos y, particularmente, el agua.

En general la geometría del conducto es conocida, por lo que el problema se reduce a estimar la velocidad media del fluido en una sección dada.

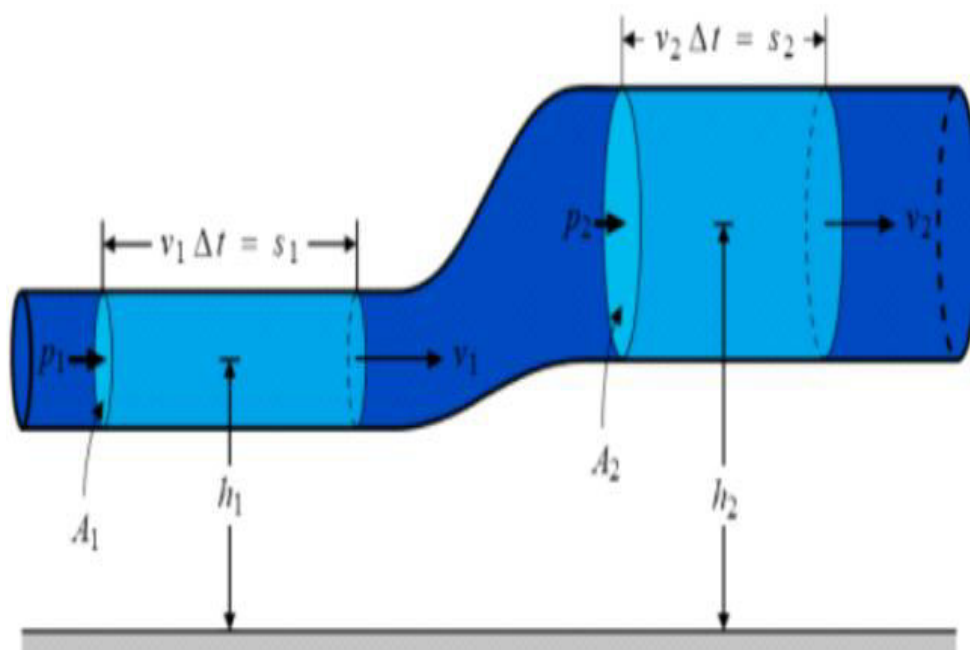


Figura 2.3 Cambio de diámetro en una longitud de tubería

Fuente: <http://es.slideshare.net/jedos1960/ecuacin-de-bernoulli-27410764>

2.2.1.7 El principio de Bernoulli

El principio de Bernoulli, para efectos de aplicación no es sino la formulación, a lo largo de una línea de flujo, de la ley de conservación de la energía, para un flujo ideal, sin rozamiento se expresa

$$\frac{\rho V_1^2}{2g} + \rho g h_1 + P_1 = \frac{\rho V_2^2}{2g} + \rho g h_2 + P_2 \dots \dots \dots (2.6)$$

V: velocidad

P: Presión

g: aceleración de la gravedad

ρ: densidad del fluido

2.2.1.8 Perdidas Continuas

Las pérdidas por rozamiento son función de la rugosidad del conducto, de la viscosidad del fluido, del régimen de funcionamiento (flujo laminar o flujo turbulento) y del cual circulante, es decir de la velocidad (a más velocidad más perdidas).

Si L la distancia entre dos puntos 1 y 2 (medidos a lo largo de la conducción), entonces el cociente (**perdidas (1,2) /L**) representa la pérdida de altura por unidad de longitud de la conducción, a esta pendiente se le llama “línea de energía”.

2.2.1.9 Perdidas Localizadas

En el caso de que entre las dos secciones de aplicación del principio de Bernoulli existan puntos en los que la línea de energía sufra pérdidas localizadas (salidas de depósito, codos, cambios bruscos de diámetro, válvulas, etc.), las correspondientes pérdidas de altura se suman a las correspondientes por rozamiento. En general, todas las pérdidas localizadas son solamente función de la velocidad, viniendo ajustadas mediante expresiones experimentales.

2.2.1.10 Descarga a través de orificios

Orificio. - Es una abertura de forma regular, relativamente pequeña, que se practica en la pared de un recipiente con el objeto de extraer un gasto.

Cuando un líquido sale de una tubería, conducto o recipiente a través de un orificio a la atmosfera, la presión normal se convierte en una altura de velocidad, el caudal del agua a través de un orificio puede expresarse en función de la velocidad y de la sección, siendo la relación básica:

$$Q = V.A.....(2.7)$$

Q: Caudal

V: Velocidad

A: Área

De las fórmulas de presión y velocidad conocemos (teorema de Torricelli)

$$V = \sqrt{2gh}.....(2.8)$$

$Q=A \times \sqrt{2gh}$ $h=0.102P$ por lo tanto tenemos:

$$Q = 0.066d^2\sqrt{P_v}.....(2.9)$$

Dónde:

Q: Caudal

d: Diámetro

P_v : Presión de velocidad.

La ecuación indicada supone que:

- El chorro es continuo y del mismo diámetro que el orificio de salida.
- Que la totalidad de la altura se convierte en presión de velocidad uniforme en toda la sección. Pero este es un caso teórico al que no se llega nunca, como se verá en la explicación siguiente.

Coefficiente de descarga:

En condiciones reales con lanzas u orificios, la velocidad, considerada como la velocidad media en toda la sección del chorro, a veces es algo inferior a la velocidad calculada a partir de la presión. Esta reducción se debe al rozamiento de agua contra la lanza u orificio y a la turbulencia dentro de la lanza u orificio y se expresa mediante un coeficiente de velocidad C_v , los valores de C_v se calculan mediante pruebas de laboratorio. Cuando las lanzas están bien diseñadas, este coeficiente es casi constante y aproximadamente igual a 0.98.

Algunas lanzas están diseñadas de modo la sección real del chorro sea algo menor que la del orificio. Esta diferencia se contempla mediante un coeficiente de contracción C_c . Para orificios con aristas vivas, su valor es aproximadamente 0.62. Generalmente los coeficientes de velocidad y contracción se combinan como un solo coeficiente de descarga denominado C_d :

$$C_d = C_v * C_c \dots\dots\dots (2.10)$$

Donde:

C_d : Coeficiente de descarga

C_v : Coeficiente de velocidad

C_c : Coeficiente de contracción

Por consiguiente, la ecuación básica del caudal se puede escribir así:

$$Q = 0.066 C_d d^2 \sqrt{P_v} \dots\dots\dots (2.11)$$

Donde:

Q: Caudal

C_d : Coeficiente de descarga

d : Diámetro

P_v : Presión de velocidad

El coeficiente de descarga C_d se define como la relación entre la velocidad de descarga real y teórica. Para un orificio o lanza específica, los valores de C_d se calculan mediante procedimientos normalizados de ensayo a partir de esta definición.

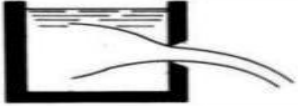





<i>Casos</i>	<i>C_c</i>	<i>C_v</i>	<i>C_d</i>	<i>Observaciones</i>
	0.62	0.985	0.61	Valores medios para orificios comunes de pared delgada.
	0.52	0.98	0.51	Vena libre.
	1.00	0.75	0.75	Vena adherida.
	0.62	0.985	0.61	Vena libre (valores medios).
	1.00	0.82	0.82	Vena adherida.
	1.00	0.98	0.98	Bordes redondeados acompañando los filetes líquidos.

Ilustración 9: Coeficientes de descarga medios para boquillas. (1)

Figura 2.4 Descargas en orificios Coeficientes de Contracción, Descarga y de Velocidad

Fuente: <http://es.slideshare.net/millos1791/orificios>

Orificio normalizado:

El orificio es normalizado, la característica de este borde es que el chorro que éste genera no toca en su salida de nuevo la pared del orificio. El caudal se puede determinar por medio de las lecturas de presión diferenciales. Dos tomas conectadas en la parte anterior y posterior de la placa captan esta presión diferencial.

Otros orificios:

Las características de una buena lanza para chorro continuo deben ser adecuadas para una gran variedad de caudales. La velocidad en la superficie del chorro de la mayoría de dichas lanzas se reduce ligeramente por la fricción en el orificio o lanza. Generalmente se aplica un coeficiente de velocidad de 0,97 para tener esto en cuenta.

Existen coeficientes de descarga para la salida de agua a través de hidrantes, lanzas de manguera, rociadores automáticos y otros orificios corrientes de protección contra incendios.

En la siguiente tabla se incluyen los valores representativos de esos coeficientes de descarga. Estos coeficientes solo se aplican cuando sale agua por todo el orificio o lanza con un perfil de velocidad razonablemente uniforme.

Tabla 2.1 Coeficiente de descarga

Rociador normal medio D=1/2"	0.75
Rociador normal medio D= 17/32"	0.95
Rociador normal medio D=0.64"	0.90
Orificio normalizado(aristas vivas)	0.62
Lanza de bordes lisos, en general	0.96
Tubos ajustables Underwriter o similares	0.97
Lanzas de diluvio	0.997
Tubería abiertas lisas y bien redondeadas	0.90
Tubería abierta, abertura con rebabas	0.80
Boca de Hidrante con salida lisa	0.90
Boca de Hidrante con aristas vivas	0.80
Boca de hidrante con salida cuadrada que se introduce en el cuerpo del hidratante	0.70

Fuente: PHILIP M J. GROSS RICHARD; HOCHSTEIN JOHN "Fundamentos de mecánica de fluidos",

2.2.1.11 Ecuación de Hazen – Williams

El método de Hazen-Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 °C - 25 °C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero.

$$P_f = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Donde:

P_f : Pérdida de fricción en psi/pies

Q : Flujo de agua en gpm.

d : Diámetro interno de la tubería en pulgadas.

C : coeficiente adimensional.

Se muestra los coeficientes C de Hazen Williams de diferentes materiales en el Anexo B Tabla2.

2.2.1.12 Ecuación de Darcy-Weisbach

La ecuación de Darcy-Weisbach es una ecuación ampliamente usada en hidráulica. Permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción dentro una tubería llena. La ecuación fue inicialmente una variante de la ecuación de Prony, desarrollada por el francés Henry Dary. En 1845 fue refinada por Julius Weisbach, de Sajonia.

Esta fórmula permite la evaluación apropiada del efecto de cada uno de los factores que inciden en la pérdida de energía en una tubería. Es una de las pocas expresiones que agrupan estos factores. La ventaja de esta fórmula es que puede aplicarse a todos los tipos de flujo hidráulico (laminar, transicional y turbulento), debiendo el coeficiente de fricción tomar los valores adecuados, según corresponda.

Fórmula general:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.13)$$

Siendo:

h_f = pérdida de carga debida a la fricción. (m)

f = factor de fricción de Darcy. (Adimensional)

L = longitud de la tubería. (m)

D = diámetro de la tubería. (m)

V = velocidad media del fluido. (m/s)

g = aceleración de la gravedad $\approx 9,80665 \text{ m/s}^2$

2.3 El fuego

El fuego es una reacción química entre el combustible y el comburente y se produce gracias a una energía de activación. Los combustibles pueden ser muy variados pero el comburente suele ser siempre el oxígeno, presente en el aire de la atmósfera en una proporción del 21%.

Para que se produzca el fuego se necesita que el combustible tenga la temperatura adecuada para iniciarse la combustión. Podríamos decir entonces que el fuego está compuesto de los tres elementos que lo componen, el combustible, el comburente y la energía de activación, ya que si alguno de estos tres elementos no está presente en la reacción de combustión el fuego no se produce. Estos tres elementos se han considerado siempre parte necesaria de la reacción de combustión, aunque hoy en día se ha de hablar de un cuarto componente, la reacción en cadena. Esto implica que el fuego se compone de estos cuatro elementos y, por tanto, que la eliminación de cualquiera de ellos terminará extinguiendo el fuego.



Figura 2.5 triángulo del fuego

Fuente: José Antonio Neira Rodríguez "Instalaciones de Protección contra Incendios."

Si comprendemos cual es el efecto de cada uno de estos componentes sobre el fuego entenderemos también como apagarlo:

- Extinción por sofocación: debemos evitar que el comburente entre en contacto con el fuego, es decir, evitar la entrada de nuevo oxígeno en la reacción.
- Modificación de la atmósfera del incendio: consiste en intercambiar el aire que rodea al fuego por una atmósfera inerte, esto es lo que se consigue al vaciar un extintor de CO₂ sobre un fuego, desplazando al oxígeno.
- Eliminar el combustible: el objetivo de este método es claro, al suprimir el combustible el fuego se queda sin materia prima para continuar ardiendo.
- Eliminación del calor: al enfriar el combustible evitamos que continúe la reacción de combustión, ya que necesita calor como hemos comentado anteriormente, terminando por apagar el fuego.

- Supresión de la reacción en cadena: para terminar con la reacción en cadena el método más habitual es cubrir el incendio con sustancias químicas que bloqueen los radicales libres de la reacción de combustión.

Tetraedro del fuego

Los cuatro elementos necesarios para que tenga continuidad y propagación de un fuego forman el tetraedro del fuego. Estos elementos son

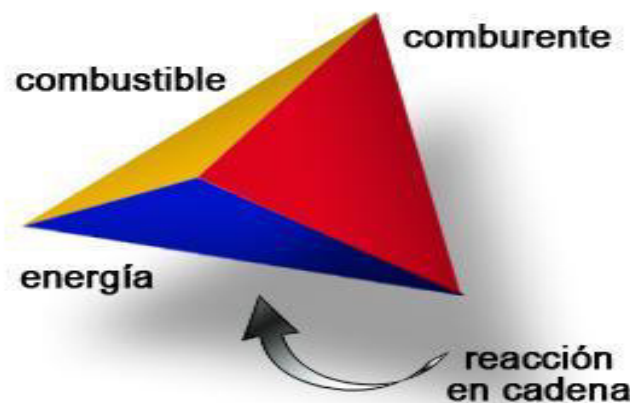


Figura 2.6 Tetraedro del fuego

Fuente: José Antonio Neira Rodríguez "Instalaciones de Protección contra Incendios."

2.3.1 Calor

El calor se define como la transferencia de energía térmica que se da entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo que se encuentran a distintas temperaturas, sin embargo, en termodinámica generalmente el término calor significa transferencia de energía. Este flujo de energía siempre ocurre desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el cuerpo de menor temperatura, ocurriendo la transferencia hasta que ambos cuerpos se encuentren en equilibrio térmico (ejemplo: una bebida fría dejada en una habitación se entibia).

La energía calórica o térmica puede ser transferida por diferentes mecanismos de transferencia, estos son la radiación, la conducción y la convección, aunque en la mayoría de los procesos reales todos se encuentran presentes en mayor o menor grado. Cabe resaltar que los cuerpos no tienen calor, sino energía térmica. La energía existe en varias formas. En este caso nos enfocamos en el calor, que es el proceso mediante el cual la energía se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura.

2.3.1.1 Comburente

Es toda sustancia en cuya presencia el combustible puede arder. De forma general, se considera al oxígeno como el comburente típico o más común, aunque existen otros comburentes como el ácido perclórico, el ozono, el peróxido de hidrógeno, etc.

El oxígeno se encuentra en el aire que respiramos en una concentración del 21%, y se necesita al menos un 16% para que el oxígeno pueda actuar como comburente en un incendio.

Algunos combustibles que presentan un alto número de átomos de oxígeno en su molécula no necesitan comburente para arder (peróxidos orgánicos).

2.3.1.2 Combustible

Combustible es toda sustancia que, en presencia de oxígeno y con el suficiente aporte de calor, es capaz de arder. De los cuatro componentes del fuego (tetraedro del fuego), el combustible es el más determinante en la iniciación y posterior desarrollo del incendio, es concretamente la composición del combustible lo que influirá en este proceso.

Los combustibles se clasifican, según su estado, en:

- Sólidos: carbón mineral, madera, plástico, textiles, etc.
- Líquidos: productos derivados del petróleo (gasolina, gas-oil, fuel-oil, aceites, etc), alcohol, disolventes, etc.
- Gaseosos: Gas natural, metano, propano, butano, etileno, hidrógeno, etc.

Todos los combustibles arden o entran en combustión en fase gaseosa, de esta manera cuando el combustible es sólido o líquido es necesario un aporte previo de calor o energía de activación para llevarlo a estado gaseoso.

2.3.2 Clases De Fuego

Dependiendo del tipo de combustible presente en la combustión, el fuego se puede clasificar en:

Fuegos Clase A.- fuego en materiales de combustible ordinario como, por ejemplo: papel, madera, ropa y algunos plásticos.

Fuegos Clase B.- fuego en líquidos inflamables, líquidos combustibles como petróleo, grasas, aceites, pinturas, solventes, alcoholes y gases inflamables.

Fuegos Clase C.- fuegos que envuelven equipos eléctricos energizados.

Fuego Clase D.- fuego en metales combustibles como: magnesio, titanio, sodio, litio y potasio.






	TIPOS DE MATAFUEGOS						
	A Agua	AB Agua + Espuma Química	ABC Polvo Químico Seco	BC Dióxido de carbono (CO ₂)	ABC Halotron 1	D Polvo Químico D	K Potasio
 A Sólidos	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO
 B Líquidos	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO
 C Eléctricos	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO
 D Metales	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
 K Grasas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI

Figura 2.7 Clases de Fuego

Fuente: José Antonio Neira Rodríguez "Instalaciones de Protección contra Incendios."

2.3.3. Causas que provocan un incendio

Las causas que pueden provocar un incendio son:

- Causas naturales como los rayos y el sol
- Falta de orden y limpieza
- Descuidos
- Instalaciones deficientes o provisionales
- Instalaciones eléctricas sobrecargadas
- Manejo inadecuado de flamas abiertas
- Superficies calientes
- Cigarros y cerillos usados en áreas prohibidas
- El uso de líquidos inflamables para limpieza
- Almacenamiento inadecuado de líquidos inflamables, líquidos combustibles y gaseosos.
- Almacenamiento de cilindros con gases, como: oxígeno, acetileno, entre otros.

2.4. El Sistema Activo De Protección Contra incendios

En las obras se debe contar con medidas de prevención y protección, así como con sistemas y equipos para el combate de incendios, en función al tipo y grado de riesgo de la naturaleza de la actividad. Los sistemas de protección contra incendios constituyen un conjunto de equipamientos diversos y se basan en dos tipos de medidas: Medidas de protección pasiva y Medidas de protección activa.

2.4.1. Medidas de protección pasiva

Son medidas que tratan de minimizar los efectos dañinos del incendio una vez que este se ha producido. Básicamente están encaminadas a limitar la distribución de llamas y humo; permitiendo la evacuación ordenada y rápida en una situación de emergencia. Algunos ejemplos de estas medidas son:

- Puertas cortafuegos.
- Dimensiones y características adecuadas de las vías de evacuación.
- Señalizaciones e iluminación de emergencia.
- Compuertas en conductos de aire.
- Recubrimiento de las estructuras (para maximizar el tiempo antes del colapso por la deformación debido al incremento en la temperatura).

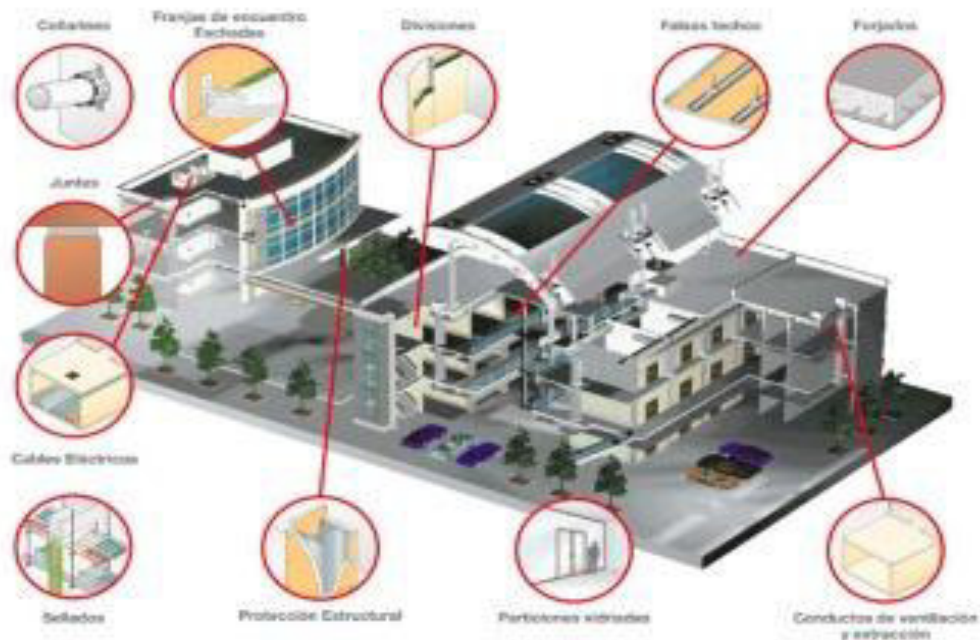


Figura 2.8 Protección Pasiva en una edificación

Fuente: Elaboración Propia

2.4.2. Medidas de protección activa

Son medidas diseñadas para asegurar la extinción de cualquier conato de incendio lo más rápidamente posible y evitar así su extensión en el edificio. Dentro de este apartado se han de considerar dos tipos de medidas:

- Medidas de detección de incendios, que suelen estar basadas en la detección de humos (iónicos u ópticos) o de aumento de temperatura.
- Medidas de extinción de incendios, que pueden ser manuales o automáticos:

2.4.2.1. Medidas de extinción de incendios manuales

- Extintores
- Bocas de incendio equipadas (BIE),
- Hidrantes.
- Monitores

2.4.2.2. Medidas de extinción de incendios automáticos

Dotados de sistemas de diversos productos para extinción:

- Agua (rociadores, cortinas de agua, espumas, agua pulverizada).
- Gases [Halcones].

La estructura de los sistemas de riesgo, tanto en el caso de instalaciones manuales como automáticas es similar, cuentan con un sistema de suministro de agua, que puede ser un depósito de almacenamiento de agua y un grupo de bombas (a menudo con alimentación eléctrica autónoma) o bien una entrada directa de la red de suministro.

2.4.3. Boca de incendio equipada (BIE)

Conjunto de elementos necesarios para transportar y proyectar agua desde un punto fijo de una red de abastecimiento de agua hasta el lugar del incendio, compuesto como mínimo por válvula, manguera y lanza. Sistema de lucha manual contra incendios compuesto por un abastecimiento de agua, una red de tuberías para la alimentación de agua y las bocas de incendio equipadas necesarias.



Figura 2.9 Boca de Incendio equipada (gabinete contra incendio)

Fuente: Elaboración Propia

2.4.4. Extintor

Aparato que contiene un agente extintor que puede ser proyectado y dirigido sobre un fuego por la acción de una presión interna, obtenida por una compresión previa permanente, por una reacción química o por la liberación de un gas auxiliar.

2.4.4.1. Agente extintor

Conjunto del o de los productos contenidos en el extintor y cuya acción provoca la extinción.

2.4.4.2. Carga de un extintor

Masa o volumen del agente contenido en el extintor, cuantificado en litros en los aparatos a base de agua y en kilogramos en el resto.

2.4.4.3. Tipos de extintores (clasificación según la carga del agente extintor y equipo)

EXTINTORES PORTÁTILES O MANUALES

Son aquéllos cuya masa total transportable es inferior o igual a 20 kg.

EXTINTORES SOBRE RUEDAS

Son aquéllos que están dotados de ruedas para su desplazamiento. Podrán transportarse por una o varias personas, o mediante remolque.



Figura 2.10 Extintores portátiles y sobre ruedas

Fuente: Elaboración Propia

2.4.5. Hidrantes

Los hidrantes son tomas de agua conectadas a la red de agua contra incendios y sus funciones principales son:

1. Suministro de agua a las mangueras o monitores a ellos conectados, para la extinción manual de incendios.
2. Abastecimiento de agua a vehículos auto-bomba de los Servicios Públicos de Extinción de Incendios.



Figura 2.11 Hidrante

Fuente: Wayne G. Carson / Richard L. Klinker "Sistema de Protección Contra Incendio Manual para Inspecciones, Pruebas y Mantenimiento."

2.4.6. La manguera contraincendios

El término manguera contra incendios identifica un tipo de tubo flexible que utilizan los bomberos para transportar agua a presión desde el abastecimiento de agua hasta el lugar donde debe descargarse. Para que una manguera contra incendios sea segura, debe haber sido fabricada con los mejores materiales y únicamente debe utilizarse en actuaciones contra incendios. Debe ser flexible, impermeable, tener un forro interior liso y una cubierta exterior duradera (también llamada recubrimiento exterior). En función del uso al que se destine la manguera contra incendios, éstas pueden fabricarse de diferentes modos, por ejemplo, con recubrimiento sencillo, con recubrimiento doble, con recubrimiento de goma sencillo y de goma dura no flexible.



Figura 2.12 Mangueras de Nitrilo y de Lona

Fuente: Elaboración Propia

2.4.6.1. Tamaños de las mangueras contraincendios

Cada uno de los tamaños de las mangueras contra incendios está diseñado con un propósito específico. Las indicaciones sobre el diámetro de la manguera hacen referencia a las dimensiones del diámetro interior de la manguera. Las mangueras blandas están disponibles en tamaños que van de 65 a 150 mm (2,5 a 6 pulgadas). Las mangueras contra incendios suelen cortarse y acoplarse en longitudes de 15 y 30 m (50 y 100 pies) para que se puedan manipular y sustituir más fácilmente, aunque también existen mangueras de otras longitudes. Estas longitudes también se llaman tramos, y deben conectarse unos a otros para conseguir una línea de mangueras continua.

2.4.7. Lanza contraincendios

Las lanzas son los elementos encargados de transformar la energía cinética y de presión que posee el agua de la red. Existen distintos tipos de lanzas, las más comunes son las de chorro pleno, las de chorro pleno regulable y las de chorro y niebla. La elección del tipo de lanza se halla en función de la clase de fuego a combatir y de la clase de objetos que están ardiendo.

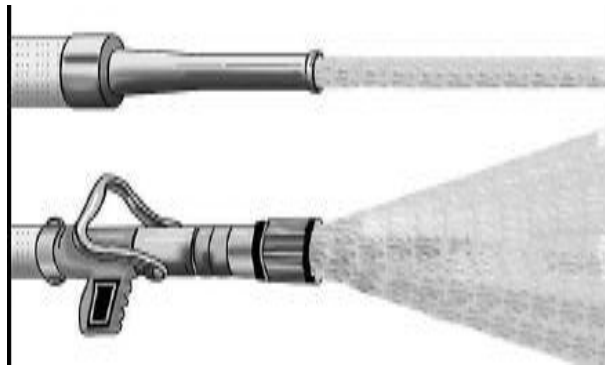


Figura 2.13 Lanzas (Pitón)

Fuente: Wayne G. Carson / Richard L. Klinker "Sistema de Protección Contra Incendio Manual para Inspecciones, Pruebas y Mantenimiento."

2.4.8. Monitor contraincendios

Se da el nombre de monitor contraincendios, a un dispositivo con boquilla de preferencia regulable, para dirigir un chorro de agua compacto o en forma de neblina; con mecanismos que permitan girar la posición de la boquilla 120° en el plano vertical y 360° en el plano horizontal y a la vez mantenerla estable en la dirección deseada. Para el ataque y control de incendios de gran envergadura y/o enviar chorros a gran distancia, se utilizan equipos denominados monitores, los que permiten que con escaso personal se pueda manejar grandes caudales y las fuerzas derivadas de estos.



Figura 2.14 Monitor contra incendio

Fuente: Elaboración Propia

2.4.9. Sistema de agua pulverizada

Los sistemas de agua pulverizada o de diluvio son un conjunto de tuberías fijas conectadas a una fuente de abastecimiento de agua para la protección contra incendios, dotado de boquillas pulverizadoras. El agua es lanzada de una forma especial, con unas dimensiones de partícula, una velocidad y una densidad de pulverización determinadas, que se descarga por aparatos y lanzas especiales diseñadas para este fin. Los sistemas de agua

pulverizada para la protección y lucha contra incendios se llaman también de diluvio o niebla de agua. Los sistemas de agua pulverizada se utilizan en aplicaciones de alto riesgo. Son sistemas que permiten la aplicación de agua en determinadas condiciones de distribución, tamaño de las gotas, velocidad y densidad, a partir de boquillas especialmente diseñadas para aplicaciones específicas tales como:

- Control de la intensidad del incendio
- Protección de equipos frente a incendios externos
- Prevención de incendio (dispersión de nubes de gas)

La diferencia entre el agua pulverizada y los rociadores radica principalmente en el concepto de “inundación total” en los primeros, se debe a la forma del control y disparo automático, y en las distintas formas de proyección del agua que se dispone a elegir en función del riesgo, a diferencia con la de los rociadores que cuya forma de proyección es única. Los sistemas de agua pulverizada se utilizan principalmente en riesgos industriales y su aplicación va normalmente asociada con sistemas automáticos de detección de calor o humo, que los controlan y gobiernan.

Se utiliza para la protección de los siguientes riesgos:

- Equipos de proceso en refinerías y plantas químicas.
- Tanques de almacenamiento de líquidos inflamables
- Tanques horizontales de almacenamiento.
- Transformadores eléctricos de aceite.
- Elementos estructurales expuestos al fuego o derrames

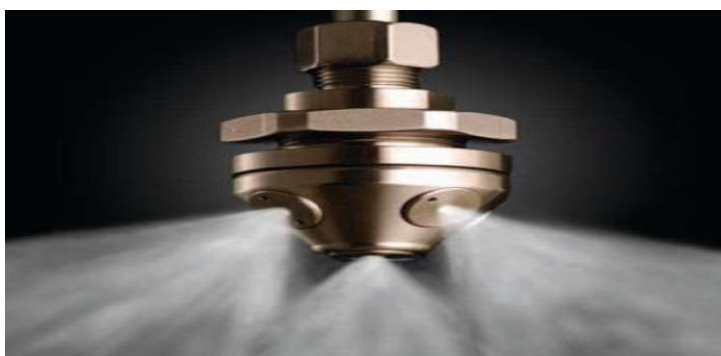


Figura 2.15 Tobera

Fuente: José Antonio Neira Rodríguez “Instalaciones de Protección contra Incendios.”

2.4.10. Sistemas de extinción por rociadores

Un rociador es una válvula de agua, cerrada o sellada, normalmente, por un disco termo sensible. Son dispositivos que, utilizando el agua como agente extintor, lo descargan automáticamente en las condiciones previamente calculadas, sobre el punto incendiado, sin intervención humana y en cantidad suficiente para extinguirlo totalmente o bien

impedir su propagación. La protección mediante rociadores automáticos consiste en una serie de rociadores (a veces también denominados cabezas de rociador) organizados de tal modo que el sistema distribuye de forma automática las cantidades suficientes de agua directamente sobre un fuego para extinguirlo o mantenerlo bajo control hasta que lleguen los bomberos.

Las principales pautas que hay que seguir a la hora de establecer el diseño óptimo en un sistema de extinción por rociadores se describe en la norma NFPA 13, "Instalación de sistemas de rociadores". Esta norma establece requisitos sobre el diseño de los rociadores, el tamaño de la tubería que hay que utilizar, el método adecuado para colgar la tubería y los otros detalles sobre la instalación de un sistema de rociadores.



Figura 2.16 Tipos de rociadores contra incendio

Fuente: <http://www.prefire.es/proteccion-contra-incendios/rociadores>

2.4.10.1. Principio de operación de los rociadores

Los rociadores descargan agua después de soltar una tapa o un tapón activado mediante un elemento de respuesta al calor. El rociador puede considerarse una boquilla fija de aspersión que funciona independientemente mediante un detector térmico. Existe un gran número de tipos y diseños de rociadores

2.4.10.2. Sistema de rociadores de diluvio

Es un sistema de rociadores abiertos, que permite la aplicación inmediata de agua sobre toda el área protegida al abrirse la válvula en la línea de suministro, activada por un sistema de detección de incendio situado en la misma área que los rociadores. Este sistema se usa generalmente en áreas de alto riesgo que contiene líquidos inflamables y existe la posibilidad que el incendio pueda propagarse rápidamente

2.5 Partes del sistema contra incendio.

2.5.1 Abastecimiento De Agua.

La fuente de alimentación de agua se puede dar por suministro natural o artificial, capaz de garantizar el caudal (Q) de agua requerido por los sistemas de protección contra

incendios durante el tiempo de autonomía (t) necesario. Una fuente de alimentación es asimilable a una reserva de agua (R):

$$R(m^3) = Q(m^3/h) * t(h).....(2.14)$$

2.5.1.1 Fuentes de alimentación.

El agua a utilizar debe ser preferiblemente dulce y limpia. Sin embargo, se aceptarán agua saladas o de cualquier otro tipo, si se tiene en cuenta sus características químicas para la selección de los equipos, tuberías, válvulas y accesorios que componen el abastecimiento de agua y los sistemas de protección contra incendio. Cuando se empleen aguas que pueden ser agresivas para los componentes del abastecimiento de agua, las tuberías del mismo, en estado de reposo, se mantendrán cargadas con agua dulce no agresiva. En este caso la reposición de fugas también se realizará con agua de estas características desde una fuente de alimentación segura y fiable.

Después de cada utilización se procederá al lavado y limpieza por flujo, con agua dulce, de todas las tuberías del abastecimiento de agua y de los sistemas de protección contra incendios antes de dejarse en estado de reposo.

2.5.1.2 Tipos de Fuente de alimentación.

a.- Redes públicas de distribución

Las redes públicas de distribución son fuentes de alimentación de agua.

Los Hidrantes

Los hidrantes de vía pública deben ser abastecidos por el servicio de agua público.

Los hidrantes deben ser instalados preferentemente en las esquinas de las calles, con las bocas de salida ubicadas hacia la pista, donde se estacionará el camión de bomberos.

Los hidrantes deben ser instalados con una distancia no mayor a 100 metros entre ellos y pueden instalarse hidrantes intermedios si el sistema así lo requiere, solo en áreas clasificadas como residenciales con viviendas o edificios residenciales de máximo 9 pisos de altura, se podrán instalar hidrantes cada 200 metros de distancia

El caudal de abastecimiento que requiere cada hidrante o la suma de varios en la misma manzana o adyacente, según la NTP 350.102 (especificaciones técnicas de hidrante contra incendio Hidrante de cuerpo seco para incendio) debe ser como mínimo el siguiente caudal:

Áreas residenciales requieren de 250 gpm.

Áreas residenciales en edificios mayores de 5 niveles requieren 500 gpm.

Áreas de Industria Liviana requieren 750 gpm.

Áreas de Industria Pesada requieren de 1000 gpm.

Áreas de Industria de alto riesgo requiere 1000 gpm por hidrante y sumando los caudales de 3 hidrantes requieren 3000 gpm.

Áreas Comerciales con edificios de más de 5 niveles y 500 m² de planta requieren 1000 gpm.

Centro Comerciales de más de 5000 m², con tiendas por departamento de más de 3000 m² (área total), sumando los caudales de 3 hidrantes requieren 2000 gpm.

Los hidrantes existentes en la vía pública, al inicio de un nuevo proyecto, son la base de cálculo mínimo, los requerimientos adicionales de caudales y numero de hidrantes que se determinen para cada riesgo, deberán ser adquiridos a la empresa responsable del suministro de agua de la localidad.

Una vez instalados solo pueden ser utilizados por el Cuerpo de Bomberos del Perú.

b.- Fuentes inagotables

Fuentes Naturales: Ríos, Lagos o Mares.

Fuentes Artificiales: Canales, Embalses o Pozos.

c.- Depósitos

Los depósitos de reserva se emplean para el almacenamiento de agua.

Depósitos bajo o sobre superficie.

Depósitos elevados.

2.5.2 Equipos de bombeo.

Los equipos de bombeo son el corazón del sistema contra incendios y tienen la misión como sistemas de impulsión que son, de garantizar el caudal y la presión necesaria en todo el sistema, cuando este lo requiera.

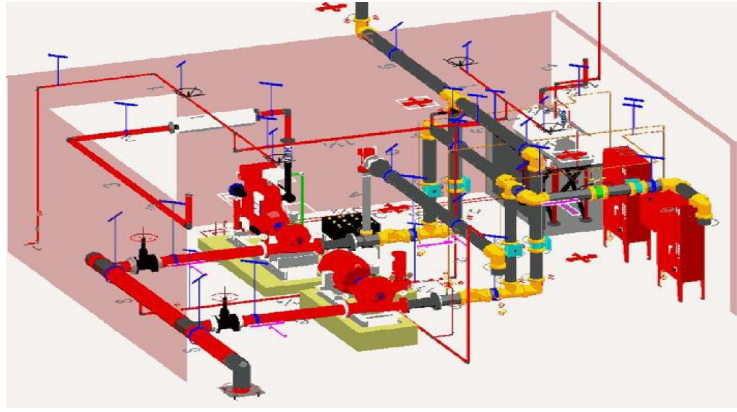


Figura 2.17 Cuarto de bombas contra incendio

Fuente: Elaboración Propia

Los componentes básicos de un equipo de bombeo son:

Bomba principal: es la que tiene la función esencial de abastecer de agua a la presión necesaria que requiere el sistema.

Bomba Jockey: realiza la función de presurizar el sistema cuando se presente pequeñas caídas de presión en la red del Sistema contra incendio.

Tableros de control: son los tableros eléctricos y electrónicos que controlan, gestionan el correcto funcionamiento de las bombas.

El equipo de bombeo tiene las siguientes características:

Uso exclusivo en la protección contra incendio.

Tienen un funcionamiento manual y automático.

Se prueba constantemente de acuerdo a la norma NFPA 25.

Nos da una señalización de diagnóstico y monitoreo, descensos de presión, fallas de alimentación, bajo nivel de combustible entre otras fallas que pueda tener el sistema de bombeo.

El funcionamiento de las bombas puede ser por electricidad o a diésel.

Vinculación a grupo electrógeno que garantice la disposición de energía eléctrica ante la interrupción o ausencia del suministro eléctrico público.

2.5.2.1 Características Generales de los equipos de bombeo

Las bombas usadas en la protección contra incendio deberán ser certificadas para el servicio de protección contra incendio.

La bomba debe ser capaz de suministrar el 150% de su caudal nominal a un 65% de su presión nominal y, a caudal cero, la presión no debe alcanzar más del 140% de su presión nominal.

Las bombas contra incendio tienen capacidades nominales en gpm (L/min) y deberán ser nominadas a presiones netas de 40 psi o más.

Los motores aceptables para bombas contra incendio son: los motores eléctricos, motores diésel, Turbinas de Vapor o una combinación de ellos. El acoplamiento del motor con la bomba debe realizarse en Fábrica.

En la bomba contra incendio, el motor y el controlador deberán estar protegido contra una posible interrupción del servicio eléctrico, contra explosiones, inundaciones, terremotos congelamiento y otras condiciones adversas.

Los equipos de bombeo que se encuentren dentro de las instalaciones deberán estar separadas de todas las áreas del edificio por medio de paredes resistentes al fuego de por lo menos dos horas. El cuarto de bombas debe estar a una temperatura mayor a 4°C.

Cada bomba debe tener una válvula de alivio automática certificada para servicio contra incendio instalada y puesta debajo de la presión de cierre a la presión mínima de succión esperada. La válvula deberá instalarse en el lado de la descarga de la bomba antes de la válvula de retención de descarga. Deberá proveer flujo suficiente de agua para prevenir que la bomba se sobrecaliente cuando opere sin descarga. El cuarto de bombas debe estar convenientemente ventilado, sobre todo si las bombas son diésel, y se deben haber previsto sistemas de drenaje. Las válvulas sostenedoras de presión de la bomba jockey deberán tener capacidades nominales no menores que cualquier rango de goteo. Deberán tener presión de descarga suficiente para mantener la presión deseada en el sistema de protección contra incendio. No se debe utilizar una bomba principal para sostener la presión del sistema.

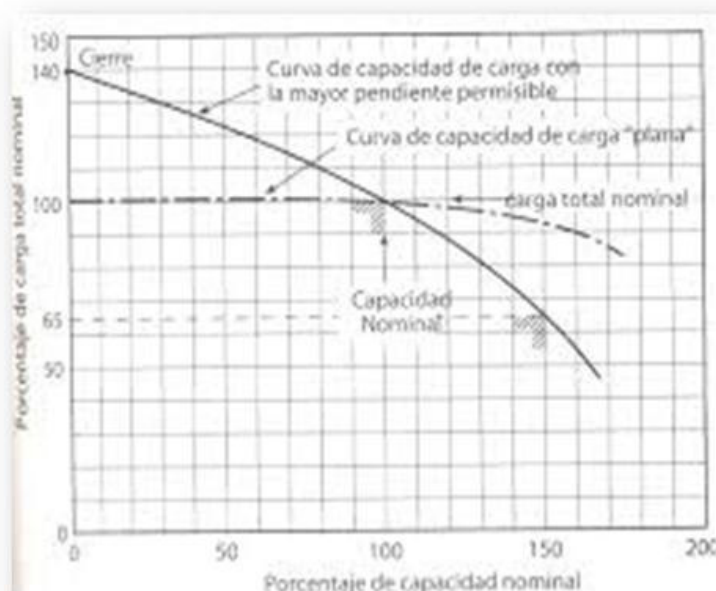


Figura 2.18 Curva característica de una Bomba contra Incendio

Fuente: NFPA 13 "Norma para la instalación de sistema de rociadores"

2.5.3 Sistemas automáticos de extinción.

Estos sistemas son equipos capaces de luchar contra el fuego sin la intervención de los medios humanos. La constante evolución en las necesidades de la industria y los servicios hace necesaria la construcción de edificios e instalaciones cada vez más voluminosas y mejor equipadas. Consecuentemente el riesgo de incendio se incrementa y se percibe que en la protección de personas y bienes ya no son suficientes los medios de extinción portátiles, es necesario disponer de instalaciones fijas adecuadas a la clase de riesgo, cuyo funcionamiento sea automático, es decir, detecten el fuego y lo extingan, incluso sin la intervención de los medios humanos.

2.5.3.1 Elementos de Sistema Automáticos.

Estos elementos en una instalación de extinción automática son:

Sistema de detección: está constituido por iniciadores que captan y revelan la presencia del fuego, pudiendo estar integrados en el equipo (rociadores) o formar parte del sistema ajeno de detección automática de incendios.

Central de Alarmas: es el panel de control que procesa las señales recibidas de los equipos detectores y actúa en función de parámetros programados: comunicar la alarma, activar el mecanismo de disparo, conectar otros sistemas.

Dispositivos de descarga: son los elementos que deben proyectar el agente extintor sobre el espacio incendiado (rociadores, difusores, emisores.....)

Depósito de almacenamiento del agente extintor: dependiendo de este se pueden contener en recipientes de características, formas y tamaños muy variados.

2.5.3.2 Tipos de Sistema Automáticos.

Los componentes de las instalaciones anteriormente descritas se disponen en sistemas de protección contra incendio configurados en función del agente extintor empleado para anular los efectos del fuego.

- Sistemas automáticos de rociadores de agua o sprinklers.
- Sistemas automáticos de extinción por agua: pulverizada, nebulizada o por aspersión.
- Sistemas de CO₂ (anhídrido carbónico.)
- Sistema de extinción por espuma.

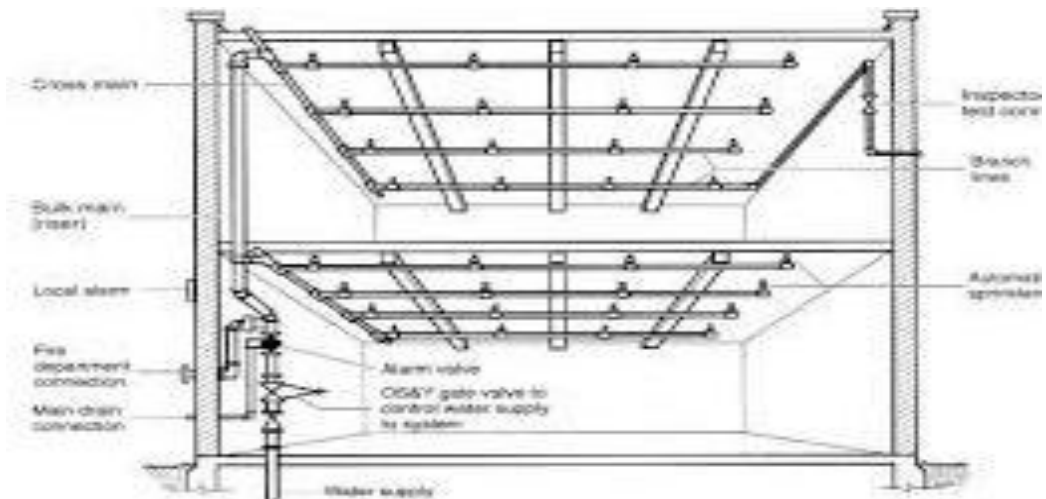


Figura 2.19 Red de Rociadores y montante Contra Incendio

Fuente: http://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieredincendio/Fijos_Proteccion_Rociadores

2.5.4 Sistema de rociadores.

2.5.4.1 Definición de rociadores.

Los rociadores son dispositivos específicos diseñados para que el agua sea proyectada y distribuida en la zona incendiada uniformemente (efecto lluvia). La activación del dispositivo de extinción se debe a la detección realizada por un elemento termo sensible (fusible o ampolla) el cual se funde al alcanzar una temperatura prefijada en la zona de cobertura, ocasionando que el mecanismo se libere y permita el paso del agua.

El rango de temperatura suele oscilar entre los 55 y 250°C, aunque existen aplicaciones específicas para valores superiores. Como podemos deducir el mismo aparato desempeña las tres funciones primordiales del sistema: detectar, activarla alarma y extinguir el incendio. Por ello, es requisito primordial que el sistema de detección y extinción estén perfectamente coordinados, a fin de anular cualquier posibilidad de fallo supeditado a causas ajenas al incendio.

Los componentes principales e integrados en el equipo son:

Cuerpo del rociador: es el soporte del resto de elementos.

Dispositivo de salida del agua: facilita la llegada del agua hasta el deflector.

Elemento termo sensible: cuando el calor generado por el fuego alcanza la temperatura de activación (normalmente entre 55 ay 255°C) se funde y provoca la abertura del rociador, generando la descarga de agua.

Deflector: Hay de diferentes diseños en función de cómo se quiera proyectar el agua (gota fina o gorda, lluvia, inundación, etc.) o en su instalación (colgante, montante de pared, oculta.)

Accesorios: entre los accesorios tenemos:

Embellecedores. - facilitan su integración estética con el entorno.

Jaula de protección: protege al equipo de golpes, impactos, sustracciones, sabotajes, etc.

Armario de repuestos: debe contener un número suficiente de dispositivos para reponer de inmediato tras un incendio o avería.

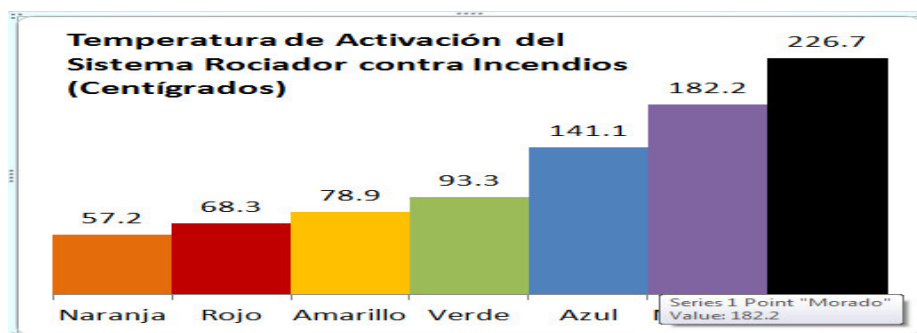


Figura 2.20 Temperaturas de Activaciones de los rociadores

Fuente: NFPA Journal Latinoamericano www.nfpajla.wordpress.com

2.5.4.2 Tipos de rociadores.

Teniendo en cuenta la diversidad de componentes de los rociadores y sus posibilidades de instalación existen diferentes clasificaciones.

- Por el tipo de deflector:

Convencionales: proyectan el agua hacia el techo.

Pulverizador: proyecta el agua pulverizada hacia el suelo.

Gorda: agua pulverizada en forma de gota gorda.

De Pared: proyectan el agua para no dañar las paredes o muros.

- Por la temperatura de activación fijada:
Los fabricantes emplean diferentes colores en los elementos termo sensible para distinguir el grado de temperatura.
- Por el tipo de elemento termo sensible:
Metálicos.
De ampolla de vidrio.
Bimetálico.
- Por la posición:
Montante: instalados sobre el ramal.
Colgante: instalados por debajo del ramal.
Horizontales: colocados en paredes o muro.

- Por el tiempo de respuesta:
De respuesta ordinaria.
De respuesta rápida.

Rociador oculto: este equipo ha sido diseñado con la intención de solucionar los problemas estéticos que pueden crearse en los proyectos arquitectónicos o para encubrir la existencia del sistema contra incendio, entre sus características tenemos:

- Se ubican en sistemas cuya tubería están empotradas, ocultos mediante una tapa para que quede a ras de techo o pared.
- La tapa se fija al equipo por una ligera presión, procurando que quede nivelada con el techo.
- Cuando se produce un incendio la tapa se desenchaja para permitir la proyección del agua.
- Las tapas se fabrican en múltiples colores para adaptarse a la estética del lugar.

Rociador de pared: son los rociadores que se instalan sobre paredes o superficies verticales entre sus características tenemos:

- El montaje puede ser superficial o empotrado tanto en posición horizontal como vertical.
- Deflector específico, con una placa en la parte superior que impide que el agua se proyecte hacia el techo y sea dirigida hacia el frente.
- Posibilidad de instalarse a diferentes distancias del techo siendo lo habitual entre 100 y 300 mm.
- Alcance o cobertura es normalmente entre 25 y 35m², en función del deflector, presión, abastecimiento de agua, etc.
- Materiales y acabados diversos, con el fin de adaptarse a las necesidades decorativas del entorno.



Figura 2.21 Tipo de Rociadores Contra Incendio

Fuente: <http://www.prefire.es/proteccion-contra-incendios/rociadores>

2.5.4.3 Tipos de sistema de rociadores.

2.5.4.3.1 Sistema de tubería húmeda.

En estos sistemas los rociadores automáticos están acoplados a una red de tuberías que contienen, en todo momento, agua a presión. Cuando uno o varios rociadores se activan el agua fluye inmediatamente.

Es el sistema más utilizado, aproximadamente un 75% de los casos, por ser el de más rápida actuación y casi no precisar de mantenimiento. La única limitación es su implantación en zonas que puedan estar sometidos a heladas.

En estos sistemas, las tuberías se encuentran permanentemente llenas de agua a presión, tanto antes, como después de la válvula de control de alarma de la instalación. Los sistemas de tuberías mojadas solamente pueden instalarse en locales en los que ningún momento exista el peligro de que se congele el agua en el interior de la tubería. Si en algún sector del local deja de cumplirse esta condición, se instalará en el mismo un sistema de tubería seca o alterno.

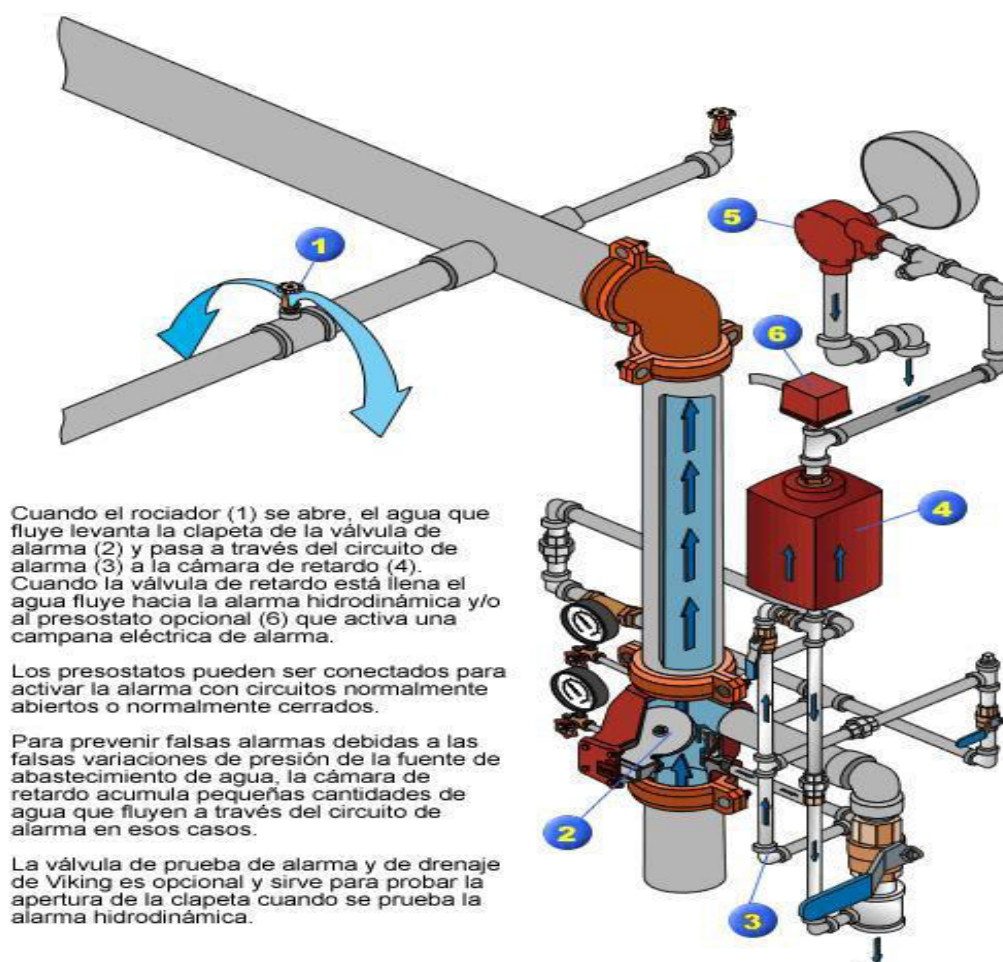


Figura 2.22 Sistema de tubería húmeda

Fuente: <http://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieredincendio>

2.5.4.3.2 Sistema de tubería seca.

Estos sistemas se instalan frecuentemente en áreas sometidas a bajas temperaturas con riesgo de heladas, tales como almacenes sin calefacción y muelles de carga. El funcionamiento del sistema es similar al de la tubería mojada, excepto que la tubería, está cargada con aire comprimido o nitrógeno en lugar de agua. La totalidad del sistema está diseñado para permitir un rápido y sencillo mantenimiento, que, gracias a su construcción, rara vez será necesaria. Todos los componentes de este sistema son de acción rápida, sólidos y suficientemente duraderos como para proporcionar muchos años de funcionamiento fiable.

Son sistemas con rociadores automáticos en los que las tuberías se encuentran permanentemente llenas de aire a presión después de la válvula de alarma y con agua a presión antes de dicha válvula.

En las instalaciones de protección que utilicen sistemas de tubería seca, el número de rociadores de un sistema no excederá de los límites que se señalan en las especificaciones para sistema de tubería de uso alterno.

En los sistemas de tubería seca, los rociadores se instalarán en posición montante, encima de las líneas de tuberías. Podrán instalarse en posición colgante, si se emplean rociadores especiales del modelo colgante seco.

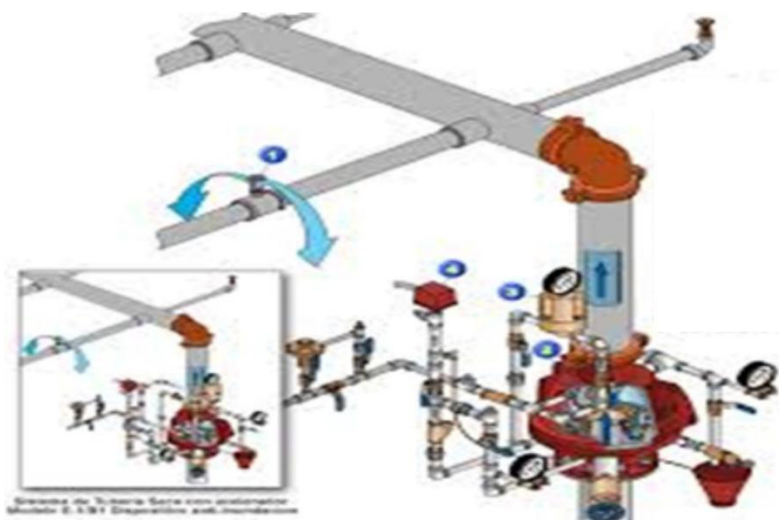


Figura 2.23 Sistema de tubería seca

Fuente: <http://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieredincendio>

Cuando un rociador se activa en un sistema de tuberías seca, la pérdida de presión permite la apertura de la clapeta de la válvula llenando el sistema con agua. En sistemas grandes se puede incorporar un acelerador para incrementar la velocidad de apertura de la válvula seca. El flujo de agua desde la cámara intermedia de la válvula puede activar un presostato que haga sonar una alarma eléctrica, operar unas alarmas hidromecánicas o ambas simultáneamente.

2.5.4.3.3 Sistema de diluvio.

Son sistemas de rociadores abiertos controlados por una válvula de apertura automática (válvula de inundación total o diluvio), la cual es accionada por un sistema de detección de incendios, o por una red de rociadores automáticos pilotos (utilizado como elementos detectores) instalados en las mismas áreas que los rociadores abiertos.

Estos sistemas están diseñados, fundamentalmente, para la protección de locales u objetos especiales en los que se prevean fuegos intensos y de propagación muy rápida donde sea preciso aplicar agua en toda la zona afectada, permitiendo el paso del agua a la red de rociadores abiertos o pulverizados de media o alta velocidad.

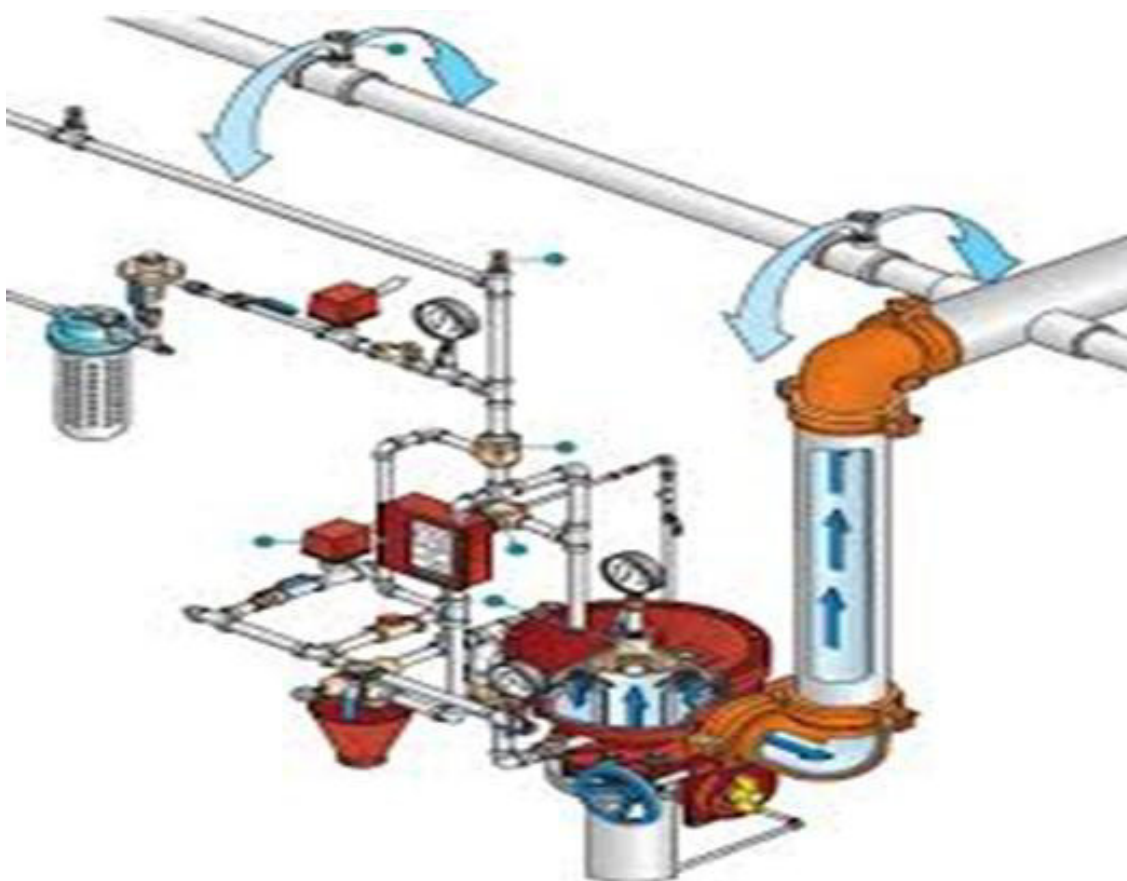


Figura 2.24 Sistema de diluvio

Fuente: <http://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieredincendio>

Cuando se activa el detector a causa de un incendio, se libera la presión del sistema de actuación hidráulico o neumático, la presión en la cámara de cebado de la válvula de diluvio disminuye permitiendo su apertura. (Los detectores eléctricos pueden ser utilizados para activar una electroválvula en el circuito, causar el mismo efecto). La válvula de alivio activada por presión, asegura la continuidad del venteo. Las alarmas se activan una vez que el agua es descargada a través de los rociadores o las boquillas.

2.5.4.3.4 Sistema de Pre acción.

Estos sistemas están constituidos por un sistema de rociadores automáticos y un sistema de detección de incendio situado en los mismos locales. Los detectores reaccionan antes que los rociadores, originando la apertura de la válvula automática de acción previa que permite el paso del agua a la red de tuberías de los rociadores, antes de que funcione el primer rociador.

La red de tuberías de los rociadores puede estar, si se desea, llena de aire a baja presión, para auto vigilancia de las líneas, de tal forma que se establece una señal de alarma de fuga en caso de que se produzca una reducción de la presión del aire comprimido.

La válvula automática de control y alarma de acción previa será accionada automáticamente por el sistema de detección de incendio permitiendo el paso del agua a las tuberías, con lo que el sistema pasa a ser de tubería mojada. La finalidad en este caso, es evitar una descarga de agua a consecuencia de un fallo mecánico en las tuberías o en los rociadores.

El sistema de detección de incendio hace funcionar simultáneamente un sistema de alarma.

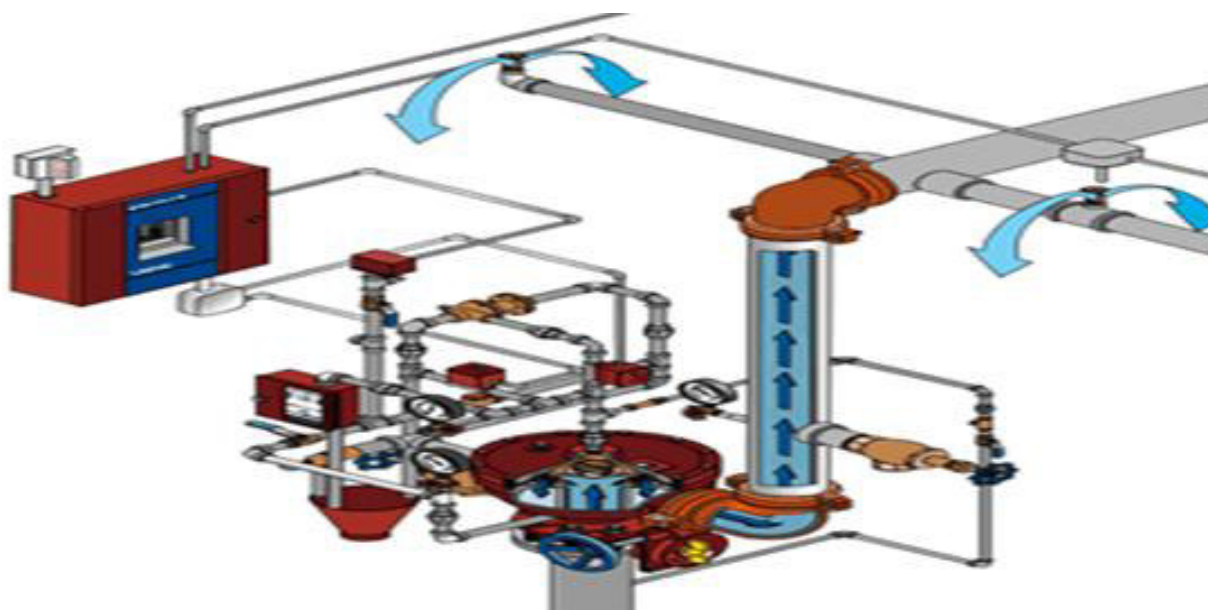


Figura 2.25 Sistema de Pre acción.

Fuente: <http://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieredincendio>

Cuando el fuego activa el detector, se envía una señal al panel de control. Este envía señales de alarma correspondiente y al mismo tiempo, activa la válvula de solenoide. La cámara de cebado de la válvula de diluvio pierde aire a mayor velocidad de la que entra por el orificio de restricción, permitiendo que la válvula se abra. El agua se distribuye por las tuberías, pero no se descarga hasta que algún rociador se active. La válvula de alivio por presión mantiene la cámara de cebado sin presión una vez disparado el sistema.

2.5.5 Componentes del sistema de rociadores.

Los componentes principales de un sistema automático de rociadores son:

Cabeza de rociadores. - su misión es hacer que el agua sea proyectada y expandida por la zona donde se ha generado un incendio, la temperatura de activación del rociador debe de ser correspondiente con el tipo de ambiente que se está protegiendo.

Tuberías. - transportan el agua desde el sistema de abastecimiento de agua hasta los rociadores. Las tuberías de acero y cobre y sus accesorios deben encontrarse dentro de los estándares establecidos por la American Society for the Testin of Materials (ASTM) y la American National Standard Institute (ANSI), son estos estándares quienes realizan diferentes pruebas a numerosas listas de tuberías y accesorios para servicio de protección contra incendio, y son quienes dan su aprobación para su uso.

Accesorios. - los accesorios son constituidos en muchas variedades, Hierro fundido y hierro maleable son comúnmente usados en accesorios roscados para servicios de protección contra incendio. Un accesorio roscado de hierro fundido podría romperse si es golpeado con un martillo o es arrojado contra la pared o piso, en cambio en accesorios roscados fabricados con hierro maleable no ocurre esto. Los accesorios de hierro maleable son más caros y son fabricadas en una variedad limitada de tamaños, pero se prefiere en los casos en que el daño al sistema de rociadores es probable, como en el almacenamiento por medio de racks, donde con frecuencia los camiones patos golpean las tuberías de los rociadores al colocar las cargas en los racks.

Colgadores. - los soportes de las tuberías de los colgadores deben ser capaces de sostener cinco veces su peso de la tubería con agua de los rociadores, accesorios, más 250lbs.

Válvulas. - los sistemas de rociadores tienen que mostrar una efectividad en el rango del 98 o 99% cuando el sistema lo requiera. Solo del 1 al 2% de los casos son en los que los sistemas de riego no logran controlar el fuego. Válvulas cerradas son la fuente más importante de falla. Con el fin de tratar de asegurarse de que las válvulas de control de los sistemas de rociadores estén siempre abiertas, estas deben estar monitoreadas y deberán ser de un tipo que puedan ser identificadas visualmente como abierta o cerradas. Válvulas de control de todos los sistemas de protección contra incendios están diseñadas para cerrar en no menos de 5 segundos, para minimizar un fenómeno conocido como el golpe de ariete, que se caracteriza por un rápido aumento de la presión dentro de la tubería. Fuerzas creadas por la válvula de cierre rápido puede causar sobre presión que podría resultar en la ruptura de soportes y accesorios y la posibilidad de que todo el sistema colapse. Las válvulas de vástago o válvulas OS&Y, son una de aquellas en las que es fácil determinar su posición (abierta o cerrada) con una simple inspección.

Válvula mariposa. - es un tipo de válvula listada para uso contra incendio que tiene un dial que permite visualizar la posición de la válvula, así como también se puede monitorear por medio del sistema de detección.

Válvula con poste indicador. - esta válvula tiene una ventana que permite leer si la válvula está abierta o cerrada, y se usa en el exterior de una construcción.

Además de los elementos enunciados, propios de cualquier sistema de rociadores, es conveniente implantar un centro de control desde el que se puedan gobernar las

instalaciones o contratar con una central de recepción de alarmas los servicios de atención y respuesta ante incidentes.

Otro elemento a considerar es el referido a las fuentes de abastecimiento de agua que deben garantizar permanentemente un caudal suficiente y la capacidad necesaria para extinguir el fuego.

2.5.6 Características de las instalaciones

Entre las características principales de estos sistemas destacamos:

- Implica la combinación y complementación de tres sistemas contra incendio: la detección, la alarma y la extinción.
- Realización de tres acciones consecutivas e inmediatas: la activación del iniciador, comunicar la alarma y apertura de válvula (expulsión del agente extintor).
- El sistema se activa puntualmente en cada cabeza rociadora al alcanzar la temperatura establecida.
- La temperatura de activación se ajustará en 25 o 30°C por encima de la temperatura ambiental superior aunque hay modelos especiales para elevadas temperaturas.
- Posibilita la protección de grandes superficies y edificios con una efectividad elevada.
- Gran variedad de modelos, versiones y acabados.
- Para instalar en ambientes agresivos o corrosivos se dispone de modelos en acero inoxidable o recubierto con teflón, poliéster, ceras especiales.
- Certificación por parte de entidades normalizadoras de reconocido prestigio internacional. (UL, FM).

SISTEMA DE ROCIADORES

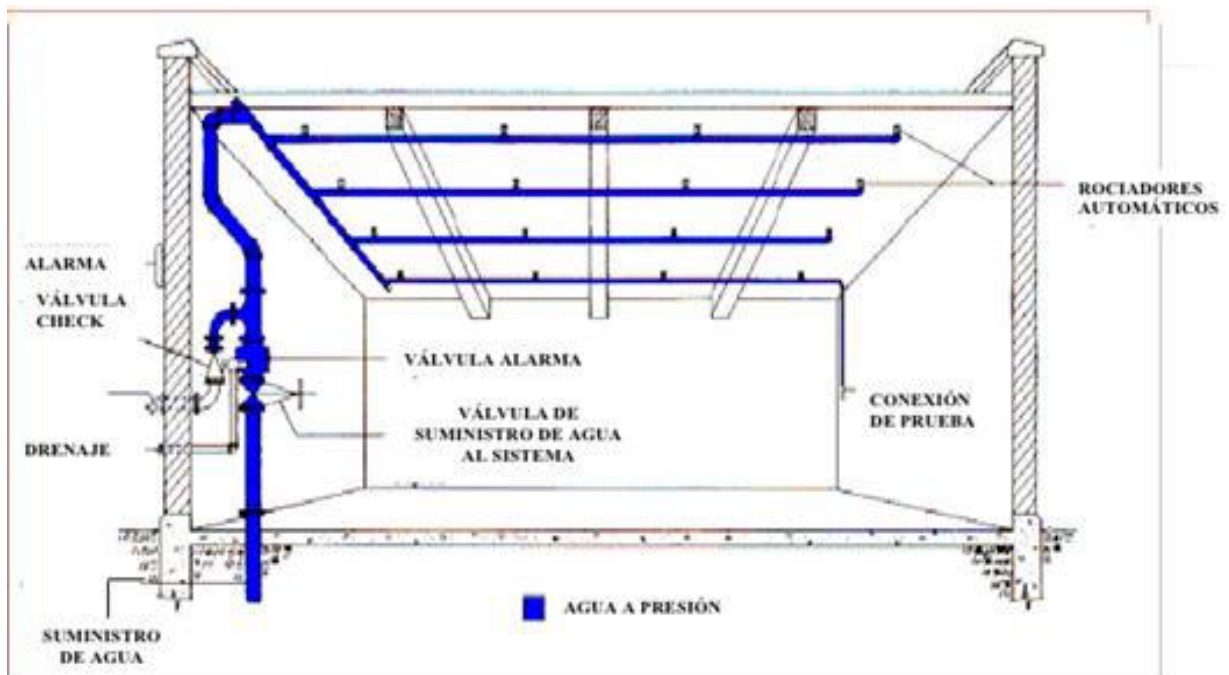


Figura 2.26 Características de los sistemas de rociadores

Fuente: Wayne G. Carson / Richard L. Klinker "Sistema de Protección Contra Incendio Manual para Inspecciones, Pruebas y Mantenimiento."

2.6 Normatividad Peruana en Protección Contra Incendios

Reglamento nacional de edificaciones

El Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento, es el ente rector nacional de los asuntos de vivienda, urbanismo, desarrollo urbano, de construcción de infraestructura y saneamiento, para lo cual formula, aprueba, dirige, evalúa, regula, norma, supervisa y, en su caso ejecuta las políticas nacionales en esta materia.

Dentro del Título III (Edificaciones) del Reglamento Nacional de Edificaciones, en la Norma A130 "Requisitos de seguridad".

Norma A.130

Requisitos de Seguridad

Generalidades

Artículo 1.- Las edificaciones, de acuerdo con su uso, riesgo, tipo de construcción, materiales de construcción, carga combustible y número de ocupantes, deben cumplir con los requisitos de seguridad y prevención de siniestros que tienen como objetivo salvaguardar las vidas humanas, así como preservar el patrimonio y la continuidad de la edificación. Los alcances de la presente Norma sólo son aplicables para edificaciones nuevas, construidas a partir de la entrada en vigencia del presente RNE.

La presente Norma no puede ser aplicada para edificaciones existentes, salvo que se inicie un trámite municipal para el cambio de uso y/o remodelaciones y/o ampliaciones; en estos casos, las soluciones de adecuación para las edificaciones existentes, con el propósito de lograr una protección a la vida confiable y la mínima protección contra incendios, podrán realizarse de las siguientes formas:

Dependiendo del tipo de edificación existente y las limitaciones de modificación estructural y/o arquitectónica, se pueden adoptar las siguientes alternativas de adecuación tanto en forma individual como en conjunto:

- a) Cumplir el presente RNE – A.130 de ser viable
- b) Adecuación en su totalidad a los requisitos establecidos en el código NFPA 101 - capítulos de edificaciones existentes (como estrategia completa).
- c) Análisis de riesgo de incendio, carga combustible, velocidad de propagación de incendios; con el propósito de dimensionar una estrategia. De protección contra incendios que asegure la protección a la vida y que sea aprobado por la Autoridad

Competente de acuerdo a la Ley 27067. “Ley del Cuerpo general de Bomberos Voluntarios del Perú”

Calculo basado en la Norma NFPA-101 (RNE A-010-ART. 2)

De acuerdo con la Norma A-010, artículo 2 de la edición 2009, es permitido el sustento de cálculos de evacuación basado en las soluciones que establece el código NFPA

101 (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION – “Life Safety Code”) (Código de Seguridad Humana), para cualquiera de los tipos de edificaciones nuevas o existentes según lo requieran.

Sin embargo, de optar por esta solución de cálculo deben considerarse todos y cada uno de los requerimientos de estrategia de protección contra incendios que el mismo

Código establece en cada tipo de riesgo, como son:

- Resistencia estructural al fuego
- Sistema de detección y alarma de incendios
- Sistema de extinción de incendios
- Sistema de control y/o administración de humos
- Manejo de carga combustible

Asimismo, se deben utilizar todas las otras normas NFPA, referidas por la NFPA 101 como parte de un conjunto de códigos, normas y estándares que garanticen las estrategias de protección contra incendios mínimamente requerido, con el propósito de lograr una adecuada protección a la vida, tanto para el evacuante como para bomberos que responden a controlar y extinguir el incendio.

Asimismo, el reglamento dice que debemos seguir las indicaciones de la NFPA 13, NFPA 20; NFPA20 Y NFPA 72

En el Capítulo IV y V se habla sobre los sistemas de protección contra incendios. (Del artículo 52 al 70 de la NORMA A.130)

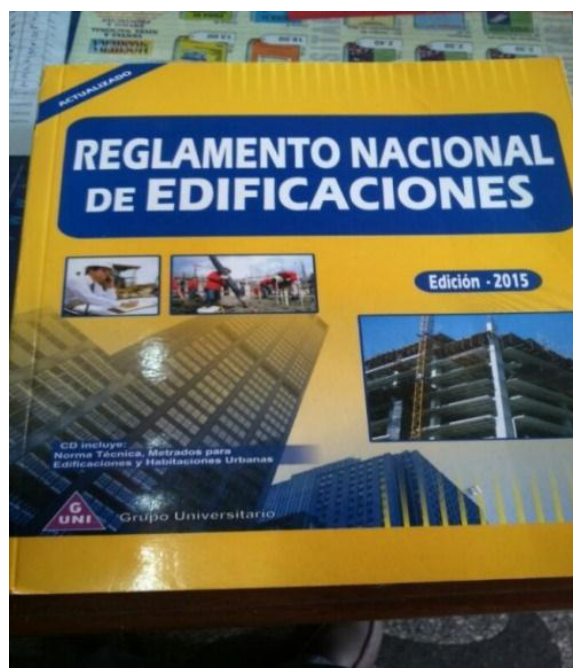


Figura 2.27 Reglamento Nacional de Edificaciones
Fuente: Elaboración propia

2.6.1 National Fire Protection Association (NFPA)

Es una organización norteamericana a cargo de la creación y mantenimiento de estándares mínimos y requerimientos para las actividades de prevención y extinción de incendios, entrenamiento y equipo, así como otros códigos de vida - seguridad y estándares. Lo anterior incluye desde códigos para la construcción hasta equipos de protección personal a ser utilizados por bomberos en su actividad. Las normas de la NFPA tienen como objetivo central el proteger gente, su propiedad y el medio ambiente del fuego.

La NFPA tiene su sede en Quincy Massachusetts, U.S.A., y actualmente cubre el desarrollo y mantenimiento de más de 300 códigos y estándares; con un grupo de más de 6,000 voluntarios representando servicios contra incendio, aseguradoras, negocios, industria, gobierno y consumidores en general. Gran cantidad de las ciudades, especialmente en Norteamérica, incluyen sus códigos como parte integrante de sus leyes locales de construcción y operación. Independientemente de estar incluidos en ley o no, a nivel mundial las normas de NFPA son aceptadas como estándares profesionales en protección contra incendio y de referencia estricta.

La NFPA es fuente principal mundial para el desarrollo y diseminación de conocimiento sobre seguridad contra incendios y de vida. El sistema de desarrollo de los códigos y

normas de la NFPA es un proceso abierto basado en el consenso que ha producido algunos de los más referenciados materiales en la industria de la protección contra incendios, incluyendo el Código Eléctrico Nacional, el Código de Seguridad Humana, el Código de Prevención de Fuego y el Código Nacional de Alarmas de Incendios. La NFPA es líder en la promoción de programas educacionales de seguridad contra incendios y de vida. Las publicaciones de la NFPA han sido traducidas a varios idiomas y son referenciadas alrededor del mundo. Más de 75,000 miembros, representando 107 naciones, son parte de su red global.

2.6.2 Underwriter Laboratories (UL)

Es una organización sin fines de lucro dedicada a la certificación y prueba de seguridad de productos y equipos. UL es uno de los asesores más reconocidos y acreditados del mundo. Underwriters Laboratories Inc. Fue fundada en 1894 por William H. Merrill. En 1903 UL publicó su primer estándar, “Tin Clad Fire Doors” y el año siguiente empezó a etiquetar extintores. Los inspectores UL conducen las primeras inspecciones directamente en las plantas de origen de cada producto y actualmente han expandido su organización hasta más de 60 laboratorios de pruebas y certificación, sirviendo a clientes en más de 100 países en el mundo.

UL no aprueba productos, sino que los evalúa para determinar el cumplimiento de requerimientos y sólo los productos aceptables tienen la marca UL. Un fabricante certificado UL debe demostrar el cumplimiento de los requerimientos de seguridad, muchos de los cuales han sido desarrollados por UL mismo. El fabricante debe demostrar también que tiene un programa implantado que asegura que cada copia de sus productos cumple con los requerimientos específicos. UL conduce inspecciones periódicas no anunciadas a los fabricantes para verificar el cumplimiento mantenido. UL ha desarrollado más de 1,000 estándares de seguridad, la mayoría de los cuales están incluidos dentro de los American National Standards (ANSI).

2.6.3 Factory Mutual (FM)

Es una compañía norteamericana global, líder en materia de prevención de pérdidas para grandes corporaciones en el mundo, dentro del mercado de propiedades en alto riesgo de protección (HPR). Bajo la filosofía de que toda pérdida en propiedades puede ser prevenida o mitigada, FM tiene un enfoque en investigación de pérdidas y consejo a clientes enfatizando cambios en operación e instalaciones para mitigar posibles efectos de riesgos en específico. Como tal, el objetivo de la relación entre FM y las compañías aseguradas, consiste en coincidir en los riesgos de largo plazo a asumir de manera medida, tomando como referencia otras empresas aseguradas por FM.

El interés de las compañías FM se enfocó, desde su origen, en investigación y desarrollo de productos y técnicas que ayudaran a mitigar riesgos y conservar las propiedades. En

1874 una revolucionaria forma de prevenir pérdidas se introdujo al mercado: Los Rociadores. No obstante que el desarrollo de esta innovación se dio fuera de FM, fue de hecho FM quién la llevo al siguiente nivel con investigación y desarrollo hasta la fecha. FM Global tiene su campo de investigación y desarrollo en West Glocester, USA, donde conduce pruebas de fuego y riesgos especiales, detección de riesgos y protección tecnológica de desastres naturales y de riesgos eléctricos. Estas pruebas van del rango de testificar la diferencia en cómo se queman los materiales hasta evaluar como los componentes de la construcción reaccionan frente a desastres naturales.



Figura 2.28 Símbolos de UL y FM

Fuente: <http://www.fire-hydrant.eu/products/gate-valve-ul-fm>

2.6.4 NFPA 25 Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas contra incendio a base de agua

El antecedente de la NFPA 25 fue la Práctica Recomendada NFPA 13A, vigente desde aproximadamente el año 1939. Al tratarse de una práctica recomendada, al igual que la NFPA 14A, su cumplimiento no era obligatorio. Uno de los motivos por el cual fue convertida en norma era otorgarle cierto carácter de obligatoriedad. La razón principal por la que se creó el comité fue debido a que el mantenimiento inadecuado era uno de los factores que contribuía a las fallas de los sistemas. Específicamente, el 35 por ciento de los casos de fallas en los sistemas se debía a una causa de fácil solución, como el cierre involuntario de una válvula, cualquiera fuera el motivo—tal vez el mantenimiento, tal vez intencionalmente, o tal vez por error. Esta norma presta considerable atención a ese problema específico. Requiere que se lleven a cabo inspecciones semanales, y en ciertos casos mensuales, de las válvulas, a fin de garantizar que las mismas estén abiertas cuando deban estarlo.

Dado que los equipos y sistemas utilizados en la protección contra incendios son elementos estáticos, cuya instalación se realiza con la expectativa de que no han de ser necesariamente utilizados, podría existir la tendencia a olvidarnos o dar prioridad de mantenimiento a sistemas dinámicos productivos.

Debemos tener en cuenta, que las instalaciones de protección contra incendios, necesitan para su correcto funcionamiento y fiabilidad de un mantenimiento exhaustivo y periódico, ya que de su eficacia puede depender la seguridad de las personas y los bienes a los que sirven.

Esta norma es útil para el personal de los servicios contra incendios, para los contratistas y para los propietarios de edificios.

Los regímenes de inspección, prueba y mantenimiento cubiertos por NFPA 25 incluyen técnicas de evaluación tales como:

- Inspecciones de rociadores contra incendios
- Comprobaciones del estado de la válvula
- Evaluaciones de tuberías internas
- Pruebas operativas de la bomba de incendio
- Pruebas de flujo de la bomba de incendio
- Pruebas de flujo continuo para los supresores de contraflujo
- Evaluación del riesgo y programas de pruebas basadas en el desempeño
- Elaboración de informes previamente planeados sobre fallas, descarga del hidrante y prueba.

El mantenimiento continuo del sistema hidráulico de protección contra incendios es mucho menos costoso que tener que reemplazar el sistema completo. Y asegurar el funcionamiento y desempeño de los sistemas de rociadores es especialmente importante para la protección de la vida humana y de la propiedad.

Realizar Inspección Visual de:

- Sistema de Columnas y Mangueras (Válvulas y Conexiones).
- Tuberías de Servicio Privado de Incendio.
- Bombas de Incendio.
- Válvulas, Componentes de válvulas y Guarniciones.

Realizar Pruebas donde se Involucren:

- Sistema de Columnas y Mangueras (Válvulas y Conexiones).
- Tuberías de Servicio Privado de Incendio.
- Bombas de Incendio.
- Válvulas, Componentes de válvulas y Guarniciones.

Definir Periodos Pruebas y de Mantenimiento para:

- Sistema de Columnas y Mangueras (Válvulas y Conexiones).

- Tuberías de Servicio Privado de Incendio.
- Bombas de Incendio.
- Válvulas, Componentes de válvulas y Guarniciones.

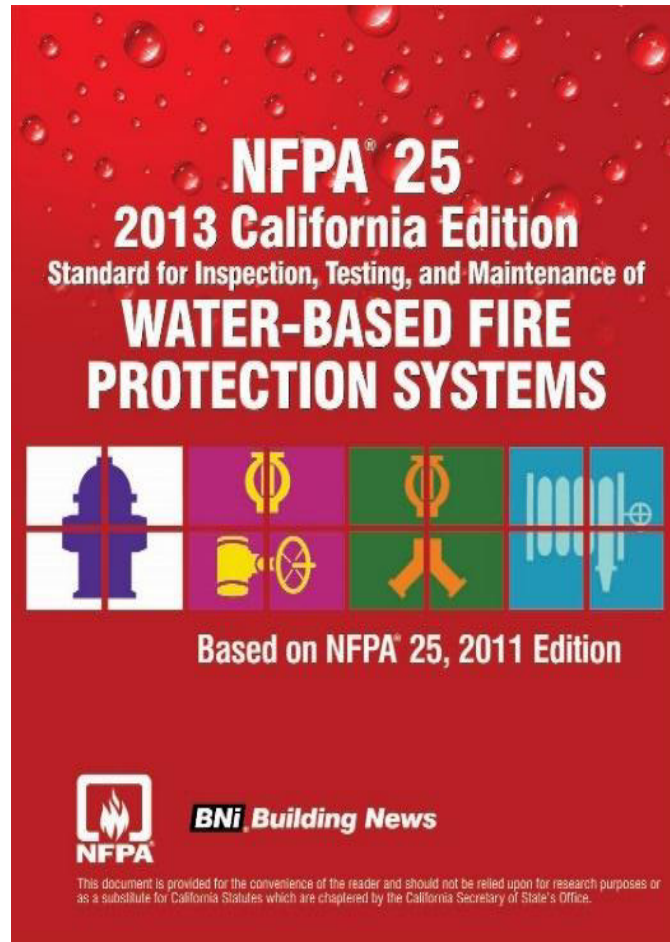


Figura 2.29 Norma para la Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas contra incendio a base de agua

Fuente: NFPA 25 “Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección de incendios a base de agua”

CAPITULO III

CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO

3.1 Criterios para diseñar y seleccionar un sistema de rociadores

3.1.2 Determinar El Tipo De Sistema Y Configuración

Las mejores configuraciones de los sistemas comúnmente usados para sistemas de rociadores son los tipos árbol, tipo malla y tipo anillo. Las configuraciones son seleccionadas en consideración de la geometría de la construcción y de la ventaja del potencial hidráulico.

Sistema tipo Árbol: es un sistema de subdivisión de ramas de rociadores que son alimentados por una tubería principal que abastece de agua a todas las ramas, las ramas deben de ser distribuidos a fin de que estas estén en forma equidistante de los extremos.

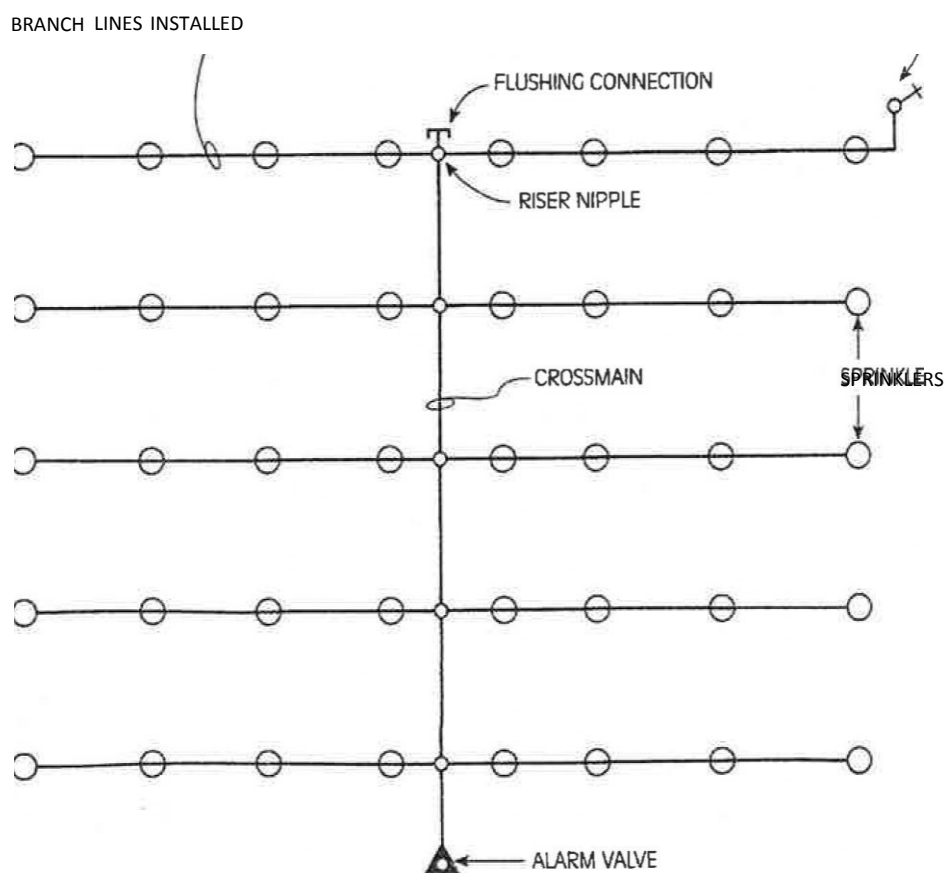


Figura 3.1 Sistema de rociadores tipo Árbol

Fuente: Wayne G. Carson / Richard L. Klinker "Sistema de Protección Contra Incendio Manual para Inspecciones, Pruebas y Mantenimiento"

Sistema tipo Malla: una malla es un sistema de subdivisión de líneas de interconexión que se conectan en ambos de sus extremos hacia las líneas principales de alimentación. Una red puede ser utilizada solo para los sistemas de tubería húmeda con el fin de proporcionar una ventaja en los sistemas hidráulicos, ya que el flujo de agua que circula a través de las tuberías se reparte en más de una dirección.

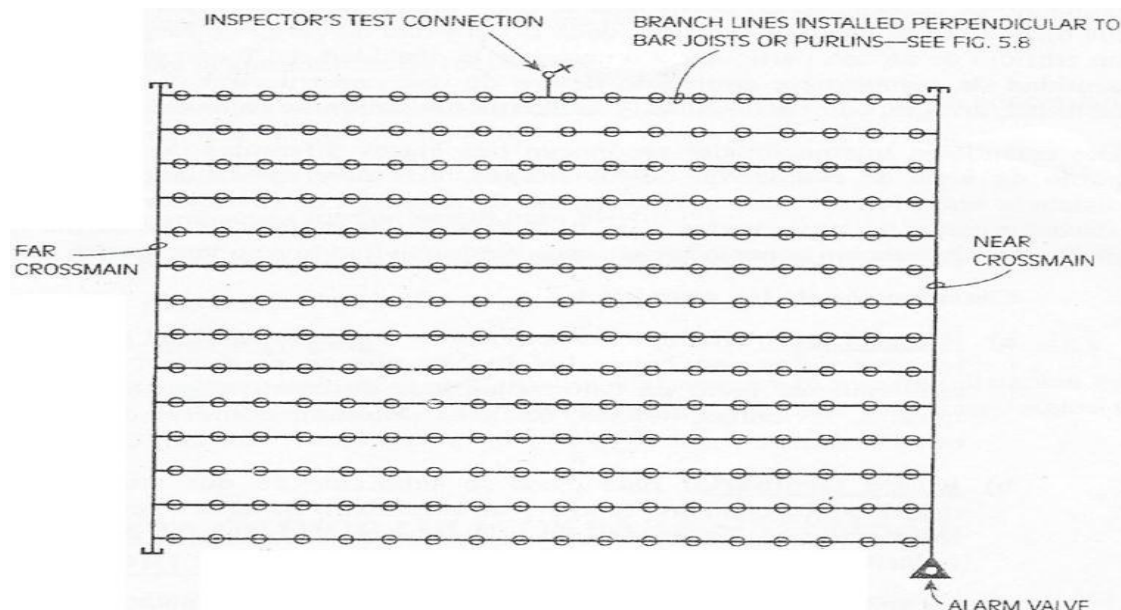


Figura 3.2 Sistema de rociadores tipo Malla

Fuente: Wayne G. Carson / Richard L. Klinker "Sistema de Protección Contra Incendio Manual para Inspecciones, Pruebas y Mantenimiento"

Sistema tipo anillo: es un sistema que conecta las tuberías principales a dos o más.

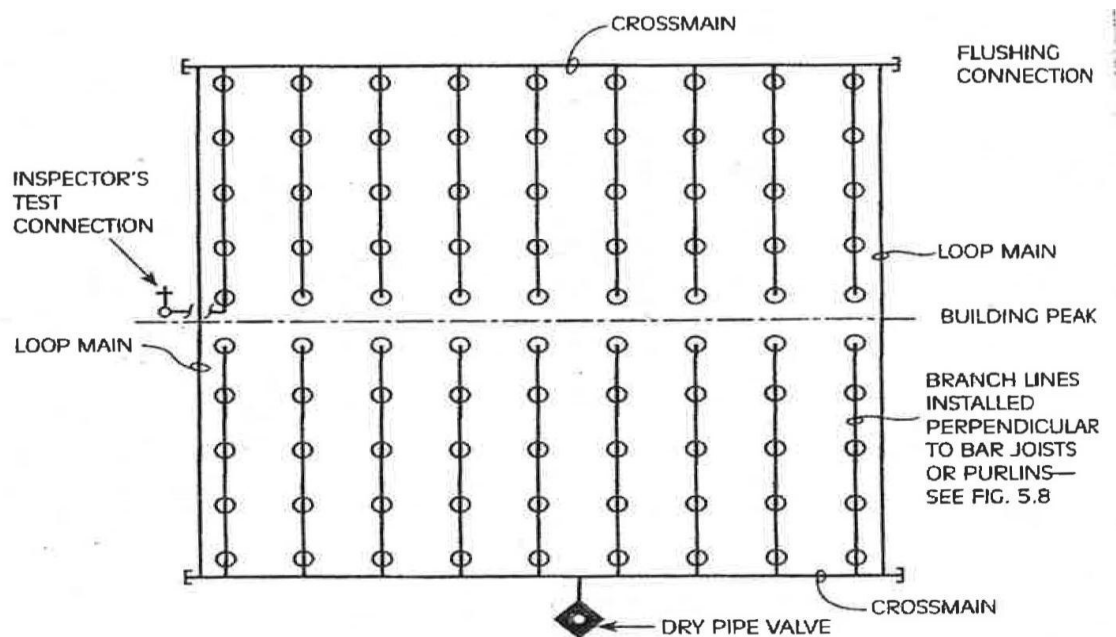


Figura 3.3 Sistema de rociadores tipo Anillo

Fuente: Wayne G. Carson / Richard L. Klinker "Sistema de Protección Contra Incendio Manual para Inspecciones, Pruebas y Mantenimiento"

3.1.3 Determinación de la Clase de Riesgo de la Ocupancia

El concepto más fundamental relacionado con el espaciamiento de rociadores es el concepto de ocupancia. La ocupancia es una función del nivel esperado de la gravedad de los incendios en una construcción, dada la densidad de carga del fuego que se asocian con

un edificio de un uso particular. La carga de la densidad del fuego está relacionada con la cantidad de combustible contenido dentro de una construcción, y es una función de la cantidad, arreglo, combustibilidad, y la tasa de liberación de calor del material. Los estándares Internacionales reconocen tres clases diferentes de actividades, desde el punto de vista de evaluación de los riesgos. Los diversos tamaños de las tuberías, la distancias entre los rociadores, la densidad de descarga de los mismos y los requisitos de abastecimiento de agua, varían para cada una de las categorías, de forma que se pueda prever una protección apropiada para cada riesgo, evitando a su vez, gastos innecesarios.

Clasificación de las actividades:

- a) **Riesgo Ligero:** Incluye las actividades donde la cantidad y combustibilidad de los materiales son bajas, los fuegos que se produzcan emitirán cantidades relativamente bajas de calor. Ejemplo de esta categoría son: Apartamento, iglesias, viviendas, hoteles, edificios públicos, edificios de oficina, escuelas y otros similares.
- b) **Riesgo Ordinario:** Esta clase se subdivide en dos grupos, principalmente debido a que cada uno requiere un suministro de agua ligeramente distinto para los rociadores. En general en esta clase se incluyen los edificios comerciales, industriales y fábricas.

Grupo 1: Abarca edificaciones donde la cantidad de materiales combustibles es moderada y el almacenamiento de materiales combustibles apilados no excede los 2.4m de altura. Algunos ejemplos de este grupo son: fábricas de conservas alimenticias, lavanderías, plantas electrónicas.

Grupo 2: Incluye edificios donde la cantidad y combustibilidad de su contenido es moderadamente alto, las alturas de las mercaderías almacenadas no deben exceder los 3.6m de altura. Algunos ejemplos de este grupo son: plantas químicas, tintorerías, talleres de reparación entre otros.

- c) **Riesgo Extra:** Incluye edificaciones donde la cantidad de combustibilidad de materiales es muy alta y se consideran dentro de dos Grupos, Grupo 1 y Grupo 2. Para mayor referencia referirse al Anexo A Cuadro 1.

3.1.4 Determinación del área protegida por cada rociador

Cada clasificación de Ocupancia para un sistema de protección contra incendios tiene un área límite, esta limitación es impuesta por la NFPA 13, e indica que, para Riesgo Ligero y Ordinario, el área máxima de protección debe ser de 52000 ft² (aproximadamente 4831m²), mientras que para un Riesgo Extra su área límite es de 40000 ft² (aproximadamente 3717m²).

El área máxima de un rociador sigue la siguiente formula $A = S \times L$, donde:

A= área cubierta por el rociador en ft^2

S= distancia entre rociadores sobre una misma línea, en ft (pies).

L= distancia entre ramas de rociadores.

La máxima cobertura de un rociador depende del tipo de riesgo, y está en concordancia con la NFPA 13. En la que estipula lo siguiente:

- 225 ft^2 para Riesgo Ligero (Calculado Hidráulicamente).
- 200 ft^2 para Riesgo Ligero (según pipe Schedule).
- 168 ft^2 para Riesgo Ligero (en edificaciones de material combustible).
- 130 ft^2 para Riesgo Ordinario.
- 100 ft^2 para Riesgo Extra.

La máxima distancia permitida entre ramas de rociadores y la máxima distancia permitida entre rociadores en una misma rama no debe exceder los 15 feet (aproximadamente 4.57 metros) para Riesgo Ligero o Riesgo Ordinario y 12 feet (aproximadamente 3.66 metros) para Riesgo Extra.

3.2 Cálculos Hidráulicos para sistema de rociadores

3.2.1 Método de Cálculo Hidráulico para sistema de rociadores

El procedimiento para realizar el cálculo hidráulico de un sistema de rociadores es:

- Selección de la Ocupancia.
- Selección de la densidad Hidráulica.
- Determinación de la Longitud del Área hidráulicamente más demandante.
- Determinar el número de rociadores a lo largo de la longitud del área de diseño.
- Determinar la configuración de rociadores en el área hidráulicamente más demandante.
- Determinar el mínimo flujo de agua en el rociador más crítico.
- Determinar la pérdida de fricción en cada segmento de la tubería.

3.2.1.1 Selección del área hidráulicamente más remota

Hidráulicamente la zona más exigente puede ser la zona más alejada geográficamente. Que es la zona cuya distancia lineal desde el sistema de rociadores a la montante es la más grande. A veces, sin embargo, la zona hidráulica más exigentes no es la zona geográficamente más alejada.

Por ejemplo, consideremos el caso extremo de un sistema de rociadores que protege una oficina que está alejada 6000 ft del sistema de Abastecimiento, pero también protege una instalación de fábrica de papeles que se encuentra adyacente al sistema de abastecimiento. La única forma de saber, si el área de la oficina es la zona más exigente que la fábrica de papeles, es haciendo un cálculo hidráulico en ambas áreas para determinar cuál es la zona más crítica.

3.2.1.2 Selección de Ocupantica

La correcta selección de la clasificación de la ocupancia de una edificación, es la base primordial para realizar cálculos hidráulicos confiables de acuerdo al riesgo de la edificación. La selección cuidadosa de la ocupación es la decisión más importante que un Diseñador de protección Contra Incendio.

La lista de ocupaciones puede obtenerse por referencias en el anexo. El análisis cuidadoso de la ocupación es la más crucial e importante función del diseñador de sistemas de protección contra incendios, ya que es él, el responsable de dar garantía de que la ocupación ha sido correctamente evaluada e identificada.

3.2.1.3 Selección de densidad Hidráulica

Una vez que la ocupación ha sido cuidadosamente evaluada y elegida, la zona de curva de densidad que se muestra en la figura 35, se puede utilizar como base para el cálculo.

Estas curvas están en función de la densidad de diseño y el área de diseño total de los rociadores en operación, la densidad de diseño es la cantidad de agua por pie cuadrado de área remota que ha sido encontrada por la experiencia para ser eficaces al momento de controlar el fuego de una determinada ocupación. El área de diseño en una zona cuyo tamaño está relacionado con la ocupación, se espera que todos los rociadores en la zona de diseño operen cuando un incendio ocurre, solo los rociadores de la zona inmediata al fuego actúan.

La curva de área/densidad se basa en experiencias registradas a través de los años, del accionamiento de los rociadores para las diferentes ocupaciones. Mediante la curva de área/densidad, se puede ver que, para cada área de operación de rociadores, una densidad es asociada con la zona de peligro para Riesgo Ligero, Ordinario y Extra.

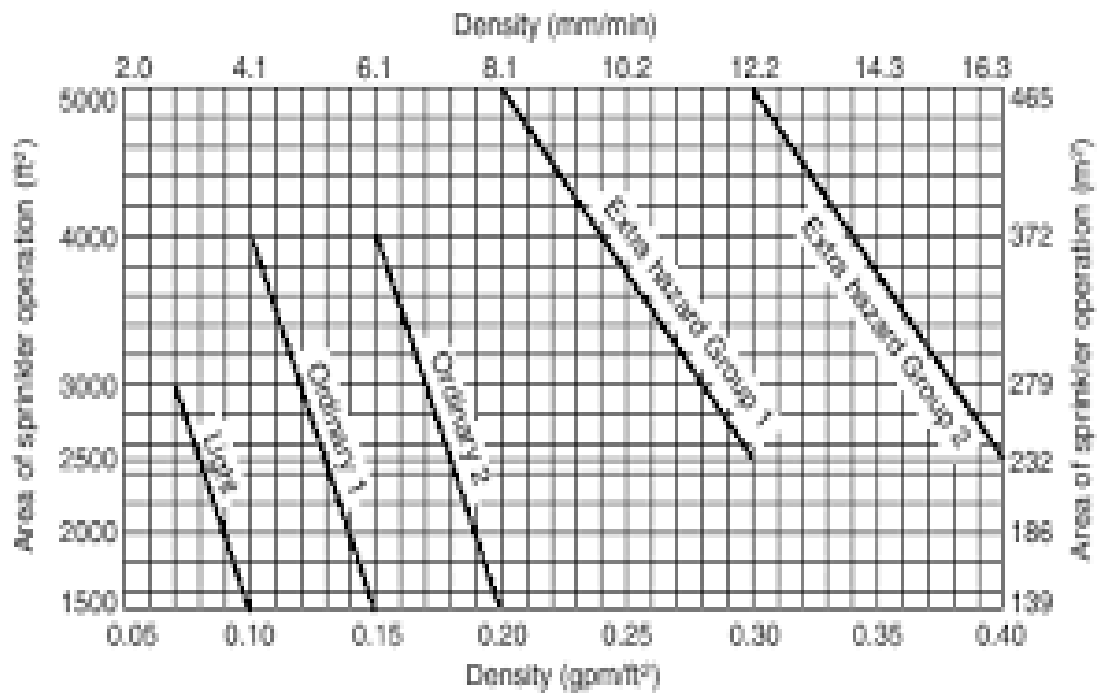


Figura 3.4 Curva de Área – Densidad

Fuente: figura 11.2.3.1.1 NFPA13

3.2.1.4 Determinación de la longitud del área de diseño

Se ha determinado, mediante pruebas empíricas, que un área remota rectangular, orientada paralela a la rama de las líneas, es hidráulicamente más exigente que un área remota perfectamente cuadrada. La NFPA 13 prevé una formula hidráulicamente más exigentes para el tamaño del área más demandante.

La mínima longitud del rectángulo es 1.2 veces la raíz cuadrada del área de diseño.

$$L = 1.2\sqrt{A} \dots \dots (3.1)$$

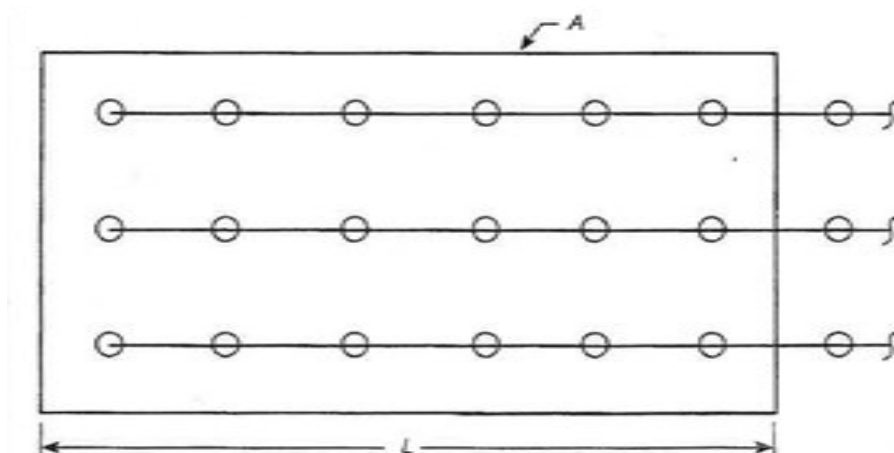


Figura 3.5 Longitud de área de diseño

Fuente: NFPA 13 "Norma para la instalación de sistema de rociadores."

3.2.1.5 Numero de rociadores a lo largo de la Longitud de Diseño

El número de rociadores que sigue a lo largo de la longitud del área de diseño está determinado por la división entre la Longitud mínima y el espaciamiento entre los rociadores S:

$$N_s = \frac{L_{\min}}{S} \dots\dots\dots(3.2)$$

3.2.1.6 Configuración de rociadores en el área de diseño

Una vez que se determina la longitud actual del área de diseño, se debe determinar el ancho de dicha área. El área del rectángulo es el producto de la longitud y el ancho, el ancho es igual a (W):

$$W = \frac{A}{L} \dots\dots\dots(3.3)$$

Donde A: es el área de cálculo del sistema.

3.2.1.7 Mínimo flujo del rociador más crítico

El flujo del rociador hidráulicamente más crítico y la presión asociada con este flujo está en función de la densidad de diseño, el área de cobertura del rociador, y las características de descarga del rociador. Para determinar el mínimo flujo del rociador hidráulicamente más demandante, se debe multiplicar la densidad de diseño por el área de cobertura del rociador. Si el área de cobertura del rociador no es uniforme para todos los rociadores en el área de diseño. Para asegurarnos que la densidad de diseño está siendo correctamente aplicada, la mayor área de cobertura del rociador debe ser usada en el cálculo.

$$Q = d * A_s \dots\dots\dots(3.4)$$

Donde d: densidad de agua

As: área de descarga del rociador de mayor cobertura

3.2.1.8 Mínima presión del rociador

El flujo en la cabeza del rociador es determinado por la fórmula:

$$Q = K \cdot \sqrt{P} \dots\dots\dots(3.5)$$

Q: caudal, K: Coeficiente de descarga, P: *Presión*

Cada rociador es probado y listado para uso en Sistema Contra Incendio, y tiene un único K- factor, o coeficiente de descarga, que es calculado para cada rociador. Es por ello que es necesario seleccionar el modelo específico del rociador, antes que la presión deba ser

calculada. Los rociadores que tienen orificios nominales de ½” generalmente tienen un K-factor en el rango de 1.3 a 5.8. Tal como se muestra en el cuadro 3.

Tabla 3.1 Valores Nominales del factor K

Nominal K-factor Values, gpm/(psi) ^{0.5} (L/min/[bar] ^{0.5})	K-factor Range Values, gpm/(psi) ^{0.5}	K-factor Range Values, L/min/[bar] ^{0.5}	Nominal Pipe Thread Size, in. (mm)
2.8 (40)	2.6 – 2.9	38 – 42	½ or ¾ (15 or 20)
5.6 (80)	5.3 – 5.8	76 – 84	½ or ¾ (15 or 20)
8.0 (115)	7.4 – 8.2	107 – 118	½ or ¾ (15 or 20)
11.2 (160)	11.0 – 11.5	159 – 166	½ or ¾ (15 or 20)*
14.0 (200)	13.5 – 14.5	195 – 209	¾ (20)
16.8 (240)	16.0 – 17.6	231 – 254	¾ (20)
19.6 (280)	18.6 – 20.6	269 – 297	1 (25)
22.4 (320)	21.3 – 23.5	307 – 339	1 (25)
25.2 (360)	23.9 – 26.5	344 – 382	1 (25)

Fuente: NFPA 13 “Norma para la instalación de sistema de rociadores.”

3.2.1.9 Determinación de la pérdida por fricción

La pérdida de presión a través de los sistemas de tubería es calculada usando la Formula de Hazen – Williams:

$$P_f = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \dots\dots\dots(3.6)$$

P_f: Perdida de fricción en psi/pies²

Q: Flujo de agua en gpm.

d: Diámetro interno de la tubería en pulgadas.

C: coeficiente adimensional.

Las pérdidas de fricción de los accesorios se pueden calcular a partir de las longitudes equivalentes de los mismos en longitudes de tuberías

3.2.1.10 Mangueras Contra Incendio

La demanda del chorro de mangueras debe ser incluida en el cálculo hidráulico del Sistema. La NFPA 13 designa un requerimiento mínimo de 100 gpm de flujo de agua en mangueras para ocupancias de riesgo leve o ligero, 250 gpm para ocupancias de riesgo ordinario y 500 gpm para ocupancias de riesgo extra. Para sistemas que tienen conexiones para mangueras dentro de construcciones, se requiere que sea adicionado 50 gpm por cada salida valvulada en el punto de conexión de la manguera, hasta alcanzar a los 100 gpm para el caso de mangueras interiores, el flujo restante deberá ser adicionado en el cálculo hidráulico y en el hidrante más cercano a la construcción.

CAPITULO IV

DISEÑO DEL SISTEMAS DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO

Para la presente monografía vamos a calcular seleccionar y diseñar un sistema de red húmeda contra incendio para un Centro Educativo teniendo en consideración que los ambientes poseen una altura máxima de 2.50 metros de altura de piso a techo, además existen salones, biblioteca, auditorio, escenario como se muestra en el plano.

Aplicación. - para solucionar tenemos que dimensionar un Sistema de Seguridad Contra Incendio que se debe determinar el tipo de riesgo de cada zona de dicho centro educativo, para ello se debe realizar una inspección a cada ambiente a fin de poder tener conocimiento de los tipos de materiales, equipos que se podría tener, así como las cantidades de algún tipo de material inflamable que genere un riesgo mayor de propagación de incendio.

Una vez determinado las ocupancias, se deben clasificar las mismas a fin de determinar el tipo de riesgo de incendio que representan a dicho centro educativo. Este paso es muy importante ya que de esto depende el volumen de agua necesario que se requerirá para combatir un posible incendio.

Cada zona del centro educativo debe ser calculada, dimensionada y protegida, es muy importante que los sistemas se sometan a cálculos hidráulicos que permitan determinar la presión requerida por el equipo abastecedor de agua, ya que los sistemas de rociadores optimizan su funcionamiento de acuerdo a las presiones mínimas las mismas que varían de acuerdo al tipo de rociador empleado.

Al realizar el cálculo hidráulico sobre la zona y el área más desfavorable se debe de tener en cuenta que no siempre se encuentra en el lugar más alejado ya que físicamente el área de mayor riesgo puede encontrarse muy cerca al cuarto de bombas.

Cuando se realice los cálculos hidráulicos es importante considerar las perdidas por fricción si como las pérdidas de presión por cambio de nivel en las alturas, es necesario tener como parámetro limitante a la velocidad del flujo, la misma que por criterios de ingeniería para estos casos no debe exceder los 7.5m/s, ya que si se pasa esta velocidad provocaría vibraciones y calentamientos que podrían producir daño a la red contra incendio.

Presentamos así la metodología que se debe realizar para diseñar un sistema de seguridad contra incendios en este caso para un centro educativo teniendo en cuenta las características mencionadas en el enunciado.

1er Paso. - realizar un análisis de riesgo para seleccionar el tipo de ocupancia que vamos a proteger, para ello debemos de analizar cada ambiente a fin de determinar el de mayor riesgo. Entre las áreas importantes se distingue:

- Biblioteca
- Auditorio
- Escenario
- Aulas

De acuerdo a ello se realiza el análisis de riesgo:

Biblioteca

Ambiente destinado a guardar libros revistas y demás materiales de lectura e investigación apilados de forma ordenada y de altura menor a 2.4 metros.

Tipo de ocupancia:

Según el anexo tabla 1. El ambiente es clasificado como Riesgo Ligero.

Requerimiento:

- Densidad de diseño: 0.10 gpm/ft^2 (Según figura 3.4).
- Área de diseño: 1500 ft^2 (Según figura 3.4).
- Flujo mínimo de agua por rociador = $0.10 \times 1500 = 150 \text{ gpm}$.
- Flujo mínimo de agua por Gabinetes = 100 gpm (Según Anexo B Tabla 1).
- Flujo de agua total del sistema = $150 + 100 = 250 \text{ gpm}$.
- Tiempo de operación del sistema = 90 minutos (Según Anexo B tabla 1).
- Volumen total de agua requerido = $250 \times 90 = 22500 \text{ gln} = 85.16 \text{ m}^3$.

Auditorio

Ambiente destinado a celebraciones, disposición de sillas de material de madera, piso de parquet en zona de butacas y pasadizo alfombrado.

Tipo de ocupancia:

Según el anexo tabla 1. El ambiente es clasificado como Riesgo Ligero.

Requerimiento:

- Densidad de diseño: 0.10 gpm/ft^2 (Según figura 3.4).
- Área de diseño: 1500 ft^2 (Según figura 3.4).
- Flujo mínimo de agua por rociador = $0.10 \times 1500 = 150 \text{ gpm}$.
- Flujo mínimo de agua por Gabinetes = 100 gpm (Según Anexo B Tabla 1).
- Flujo de agua total del sistema = $150 + 100 = 250 \text{ gpm}$.
- Tiempo de operación del sistema = 90 minutos (Según Anexo B tabla 1).
- Volumen total de agua requerido = $250 \times 90 = 22500 \text{ gln} = 85.16 \text{ m}^3$.

Aulas

Ambiente destinado a dictar clases a alumnos en él hay carpetas pizarra y demás enseres educativos.

Tipo de ocupancia:

Según el anexo tabla 1. El ambiente es clasificado como Riesgo Ligero.

Requerimiento:

- Densidad de diseño: 0.10 gpm/ft^2 (Según figura 3.4).
- Área de diseño: 1500 ft^2 (Según figura 3.4).
- Flujo mínimo de agua por rociador = $0.10 \times 1500 = 150 \text{ gpm}$.
- Flujo mínimo de agua por Gabinetes = 100 gpm (Según Anexo B Tabla 1).
- Flujo de agua total del sistema = $150 + 100 = 250 \text{ gpm}$.
- Tiempo de operación del sistema = 90 minutos (Según Anexo B tabla 1).
- Volumen total de agua requerido = $250 \times 90 = 22500 \text{ gln} = 85.16 \text{ m}^3$.

Escenario

Ambiente destinado a obras teatrales escolares y a actuaciones de acuerdo al calendario cívico anual, iluminado, piso alfombrado y cortinas de material de ignífugo.

Tipo de ocupancia:

Según el anexo tabla 1. El ambiente es clasificado como Riesgo Ordinario Grupo II.

Requerimiento:

- Densidad de diseño: 0.20 gpm/ft^2 (Según figura 3.4).
- Área de diseño: 1500 ft^2 (Según figura 3.4).
- Flujo mínimo de agua por rociador = $0.20 \times 1500 = 300 \text{ gpm}$.
- Flujo mínimo de agua por Gabinetes = 100 gpm (Según Anexo B Tabla 1).
- Flujo de agua total del sistema = $300 + 100 = 400 \text{ gpm}$.
- Tiempo de operación del sistema = 90 minutos (Según Anexo B Tabla 1).
- Volumen total de agua requerido = $400 \times 90 = 36000 \text{ gln} = 136.26 \text{ m}^3$.

Según se muestra el área de mayor riesgo es el área de Escenario, será preciso verificar el requerimiento de mayor demanda de presión según los cálculos hidráulicos.

2do Paso. - distribución de Rociadores de acuerdo al riesgo estipulado en cada área, la protección por medio de cada rociador debe estar de acuerdo al anexo Tabla 3, para este caso veamos específicamente como ejemplo el área de escenario por ser el de mayor riesgo.

Según el Plano ACI 01

Dimensiones del Área del Escenario

Longitud (L_t) = 18

Ancho (W) = 13

De acuerdo a lo determinado en el paso 1 el Área del escenario es clasificado como Riesgo Ordinario II, por lo tanto, el área de cobertura del rociador a utilizar debe cumplir con lo que dice la tabla 3 del anexo.

Área de cobertura del rociador (A_r) = 12.1 m²

Espaciamiento Máximo entre rociadores (S_{\max}) = 4.6 m

Luego:

Determinamos el número de ramales = Longitud / Espaciamiento Máx. entre rociadores.

$$N_r = \frac{L_t}{S_{\max}} = \frac{18}{4.6} = 3.91 = 4$$

Distancia entre ramales actual (S_{actual}):

$$S_{\text{actual}} = \frac{L}{N_t} = \frac{18}{4} = 4.50.m$$

Número de Rociadores en el ramal actual (N_s):

$$N_s = \frac{A_r}{S_{\text{actual}}} = \frac{12.1}{4.50} = 2.68 = 3$$

Distancia entre rociadores en el ramal actual (D_r):

$$D_r = \frac{W}{N_s} = \frac{13}{3} = 4.3.m$$

Número Total de Rociadores en el Área = $N_r \times N_s = 4 \times 3 = 12$ und.

3er Paso. - Una vez distribuidos los rociadores en todas las áreas comprendidas y mostradas en el plano ACI 01 Y ACI 02, se procede a realizar el Cálculo Hidráulico a fin de determinar las condiciones de Presión y Caudal que requiere el sistema proyectado, para ello se debe calcular el área de mayor riesgo. De acuerdo al 1er paso el área de mayor riesgo es el escenario.

Entonces haremos los cálculos para el ambiente: Escenario ya que aparte de ser el área de mayor riesgo es el área más alejada del cuarto de bombas.

Las dimensiones son:

Largo (L) = 18

Ancho (W) = 13

Determinación de la Longitud del Área de diseño (Según ítem 3.2.1.4)

$$L_{\min} = 1.2\sqrt{A}$$

A: Área Total de diseño, según figura 3.1 ($A = 2000 \text{ ft}^2 = 185.80 \text{ m}^2$)

Entonces:

$$L_{\min} = 1.2 \sqrt{2000} = 53.66 \text{ ft} = 16.35 \text{ m.}$$

Numero de Rociadores a lo largo de la Longitud de Diseño (Según ítem 3.2.1.5)

$$N_s = \frac{L_{\min}}{S_{\max}} = \frac{16.35}{4.6} = 4$$

$$L_{act} = 4 * 4.6 = 18.m.$$

Configuración de Rociadores en el Área de Diseño (Según ítem 3.2.1.6)

$$W = \frac{A}{L} = \frac{185.8}{18} = 10.32.m.$$

$$A_d = L * W = 18 * 10.32 = 185.8.m^2$$

Mínimo Flujo del Rociador “más crítico” (Según ítem 3.2.1.7)

$$Q = d * A_s$$

Dónde: $d = 0.15 \text{ gpm/ft}^2$ (Según figura 3.1)

$A_s = 12.1$ (cobertura del rociador de anexo tabla 3)

$$Q = 0.20 (\text{gpm/ft}^2) \times 12.1 \text{ m}^2 \times 3.28^2 = 26.03 \text{ gpm} = 98.53 \text{ lt/min}$$

Este es el mínimo flujo requerido en el rociador más crítico.

Mínima Presión del Rociador (Según ítem 3.2.1.8)

$$Q = K * \sqrt{P}$$

$$P = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

De la tabla 3.1 tomamos el factor de descarga “K” del rociador iguala 5.6, el valor de Q lo tomamos del calculado anteriormente.

$$P = \left(\frac{26.05}{5.6} \right)^2 = 21.6.psi = 1.48.bar$$

Perdida de Presión por Fricción (Según ítem 3.2.1.9)

Para el sistema inglés:

$$P_f = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \dots\dots\dots(4.1)$$

Para el sistema internacional de unidades (sistema métrico):

$$P_f = \frac{605000Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \dots\dots\dots(4.2)$$

Valor de C = 120 Tubería de acero (Según Tabla 3.1).

D: Diámetro interno de la tubería Anexo B Tabla 4.

Como los cálculos hidráulicos se realizan en el sistema métrico es preciso considerar los diámetros en unidades métricas, para ello se considera las siguientes equivalencias:

Ø 1” = Ø25mm

Ø 1 ¼” = Ø32mm

Ø 1 ½” = Ø40mm

Ø 2” = Ø50mm

Ø 2 ½” = Ø65mm

Ø 3” = Ø80mm

Ø 4” = Ø100mm

Ø 6” = Ø150mm

Ø 8” = Ø200mm

Los nodos para realizar los cálculos hidráulicos se visualizan en el plano ACI 02 y como punto de partida se conoce:

Caudal: $Q = 98.53 \text{ lt/min}$

Presión: $P = 1.48 \text{ bar}$

Factor de Descarga: $K = 5.6 \text{ gpm/psi}^{0.5} = 80 \text{ (lt/min)/bar}^{0.5}$

Tipo de rociador: Hacia abajo (colgante).

Tipo de Tubería: Schedule 40 (cedula40).

$C = 120$ Constante de Hazen William para tubería de acero cedula 40.

Se quiere encontrar la capacidad del equipo de bombeo a utilizar para que el sistema funcione de forma óptima para ello se calcula la pérdida de presión por fricción y por gravedad.

NODO 1

El nodo 1 será el rociador más alejado (ver plano ACI 02).

En el cuello de ganso se tiene:

$L_t = 1.50 \text{ m}$

Altura de elevación (h) = 1m

Accesorios = 2 codos de $\varnothing 1''$

Longitud Equivalente de accesorios en Longitud de tubería (codo de $\varnothing 1''$) = (Según Anexo B Tabla 5)

$L_{\text{equiv}} = L_t + L_{\text{accesorios}} = 1.50 + 2 \times 2/3.28 = 2.72 \text{ m}$

Diámetro interno del tubo de $\varnothing 1'' = \varnothing 1.049'' = 26.64 \text{ mm}$ (Según Anexo B Tabla 4).

Luego reemplazando los Valores en la ecuación (4.2)

$$P_f = \frac{605000(98.53)^{1.85}}{120^{1.85}(26.64)^{4.87}} = 0.048 \text{ bar/m}$$

Pérdida de presión por fricción total:

$$P_{\text{ftotal}} = L_{\text{equiv}} * P_f = 2.72 \times 0.048 = 0.13 \text{ bar}$$

Pérdida total por elevación:

$$1 \text{ m} = 0.1 \text{ bar}$$

Presión Total:

$$P_t = P + P_{ft} + P_{elev} = 1.48 + 0.13 + 0.1 = 1.71 \text{ bar}$$

Velocidad del flujo de agua

$$v = \frac{Q}{\pi \left(\frac{D}{2000} \right)^2 \cdot 60000} = \frac{98.53}{3.1416 \cdot \left(\frac{26.64}{2000} \right)^2 \cdot 60000} = 2.94 \text{ m/s} < 7.5 \text{ m/s.} \quad \text{Correcto}$$

Calculando el nuevo valor de descarga K_1 :

$$K_1 = Q \sqrt{P} = 98.53 \sqrt{1.71} = 128.84$$

DEL NODO 1 AL NODO 2:

$$P_1 = 1.71 \text{ bar}$$

$$Q_{12} = 98.53 \text{ lt/min}$$

Del nodo 1 al nodo 2 no hay descarga de rociadores por lo que el caudal permanece constante y la pérdida de presión solo se dará por fricción.

$$L_{t23} = 4.3 \text{ m}$$

$$D_{12} = \varnothing 25 \text{ mm}$$

Como el tramo es horizontal no se considera pérdidas por accesorios.

$$L_{equiv} = L_t + L_{accesorios} = 4.3 + 0 = 4.3 \text{ m}$$

Diámetro interno del tubo de $\varnothing 1'' = \varnothing 1.049'' = 26.64 \text{ mm}$ (Según Anexo B Tabla 4).

Luego reemplazando los valores en la ecuación (4.2)

$$P_f = \frac{605000(98.53)^{1.85}}{120^{1.85}(26.64)^{4.87}} = 0.048 \text{ bar/m}$$

Pérdida de presión por fricción total:

$$P_{ftotal} = L_{equiv} \times P_f = 4.3 \times 0.048 = 0.2064 \text{ bar}$$

Pérdida total por elevación = 0

Presión Total:

$$P_2 = P_1 + P_{ft12} + P_{elev} = 1.71 + 0.2064 + 0 = 1.9164 \text{ bar}$$

Velocidad del flujo de agua

$$v = \frac{Q}{\pi \left(\frac{D}{2000} \right)^2 \cdot 60000} = \frac{98.53}{3.1416 \cdot \left(\frac{26.64}{2000} \right)^2 \cdot 60000} = 2.94 \text{ m/s} < 7.5 \text{ m/s.} \quad \text{Correcto}$$

DEL NODO 2 AL NODO 3:

$$P_2 = 1.9164 \text{ bar}$$

$$Q_{12} = 98.53 \text{ lt/min}$$

Del nodo 2 al nodo 3 no hay descarga de rociadores por lo que el caudal permanece constante y la pérdida de presión solo se dará por fricción.

$$L_{t23} = 4.3 \text{ m}$$

$$D_{23} = \varnothing 32 \text{ mm}$$

Calculo del Caudal del Nodo 2 al Nodo 3

$$\text{Según ítem 3.2.1.8: } Q_2 = K_1 \times \sqrt{P_2} = 128.84 \times \sqrt{1.9164} = 178.35 \text{ lt/min}$$

$$Q_{23} = Q_{12} + Q_2 = 98.53 + 178.35 = 276.88 \text{ lt/min}$$

Como el tramo es horizontal no se considera pérdidas por accesorios.

$$L_{\text{equiv}} = L_t + L_{\text{accesorios}} = 4.3 + 0 = 4.3 \text{ m}$$

Diámetro interno del tubo de $\varnothing 1 \frac{1}{4}'' = \varnothing 1.38'' = 35.05 \text{ mm}$ (Según Anexo B Tabla 4).

Luego reemplazando los valores en la ecuación (4.2)

$$P_f = \frac{605000(276.88)^{1.85}}{120^{1.85}(35.05)^{4.87}} = 0.085 \text{ bar/m}$$

Pérdida de presión por fricción total:

$$P_{f\text{total}} = L_{\text{equiv}} \times P_f = 4.3 \times 0.085 = 0.365 \text{ bar}$$

Pérdida total por elevación = 0

Presión Total:

$$P_3 = P_2 + P_{f23} + P_{\text{elev}} = 1.9164 + 0.365 + 0 = 2.2814 \text{ bar}$$

Velocidad del flujo de agua

$$V = \frac{Q}{\left(\pi \left(\frac{D}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = \frac{276.88}{\left(3.1416 \left(\frac{35.05}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = 4.78 \text{ m/s} < 7.5 \text{ m/s.} \quad \text{Correcto}$$

DEL NODO 3 AL NODO 4:

$$P_3 = 2.2814 \text{ bar}$$

$$Q_{23} = 276.88 \text{ lt/min}$$

$$L_{t34} = 1.5 \text{ m}$$

$$D_{34} = \varnothing 40 \text{ mm}$$

Calculo del Caudal del Nodo 3 al Nodo 4

$$\text{Según Según ítem 3.2.1.8: } Q_3 = K_1 \times \sqrt{P_3} = 128.84 \times \sqrt{2.2814} = 194.6 \text{ lt/min}$$

$$Q_{34} = Q_{23} + Q_3 = 276.88 + 194.6 = 471.48 \text{ lt/min}$$

Como al final del tramo hay un cambio de dirección del flujo se considera el accesorio como una t de menor diámetro.

Longitud Equivalente de Accesorios en Longitud de Tubería (Tee 1 1/2") = 8ft (Según Anexo B Tabla 5)

$$8\text{ft} = 2.438 \text{ m}$$

$$L_{\text{equiv}} = L_t + L_{\text{accesorios}} = 1.5 + 2.438 = 3.938 \text{ m}$$

Diámetro interno del tubo de $\varnothing 1 \frac{1}{2}" = \varnothing 1.61" = 40.89 \text{ mm}$ (Según anexo Tabla 4).

Luego reemplazando los valores en la ecuación (4.2)

$$P_f = \frac{605000(471.48)^{1.85}}{120^{1.85}(40.89)^{4.87}} = 0.023 \text{ bar/m}$$

Perdida de presión por fricción total:

$$P_{\text{ftotal}} = L_{\text{equiv}} \times P_f = 3.938 \times 0.023 = 0.091 \text{ bar}$$

Pérdida total por elevación = 0

Presión Total:

$$P_4 = P_3 + P_{f34} + P_{\text{elev}} = 2.2814 + 0.091 + 0 = 2.3724 \text{ bar}$$

Velocidad del flujo de agua

$$v = \frac{Q}{\left(\pi \left(\frac{D}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = \frac{471.48}{\left(3.1416 \times \left(\frac{40.89}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = 5.98 \text{ m/s} < 7.5 \text{ m/s.} \quad \text{Correcto}$$

Calculo de un nuevo valor de descarga "K₂".

$$K_2 = Q_{34} / \sqrt{P_4} = 471.48 / \sqrt{2.3724} = 306.5$$

Con este nuevo de K_2 se considera a todo el ramal como si este fuera un rociador y se procede a calcular a partir de ese punto hacia adelante.

NODO 4 AL NODO 5:

$$P_4 = 2.3724 \text{ bar}$$

$$Q_{34} = 471.48 \text{ lt/min}$$

$$L_{t45} = 4.5 \text{ m}$$

$$D_{45} = \varnothing 80 \text{ mm}$$

Calculo del Caudal del Nodo 4 al Nodo 5

$$\text{Según Según ítem 3.2.1.8: } Q_4 = K_2 \times \sqrt{P_4} = 306.5 \times \sqrt{2.3724} = 471.48 \text{ lt/min}$$

$$Q_{45} = Q_{34} + Q_4 = 471.48 + 471.48 = 942.96 \text{ lt/min}$$

Como el tramo es horizontal no se considera perdidas por accesorios.

$$L_{\text{equiv}} = L_t + L_{\text{accesorios}} = 4.5 + 0 = 4.5 \text{ m}$$

Diámetro interno del tubo de $\varnothing 3'' = \varnothing 3.068'' = 77.93 \text{ mm}$ (Según anexo Tabla 4).

Luego reemplazando los valores en la ecuación (4.2)

$$P_f = \frac{605000(942.96)^{1.85}}{120^{1.85}(77.93)^{4.87}} = 0.017 \text{ bar/m}$$

Perdida de presión por fricción total:

$$P_{f\text{total}} = L_{\text{equiv}} \times P_f = 4.5 \times 0.017 = 0.076 \text{ bar}$$

Pérdida total por elevación = 0

Presión Total:

$$P_5 = P_4 + P_{f45} + P_{\text{elev}} = 2.3724 + 0.076 + 0 = 2.45 \text{ bar}$$

Velocidad del flujo de agua

$$V = \frac{Q}{\left(\pi \left(\frac{D}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = \frac{942.96}{\left(3.1416 \times \left(\frac{77.93}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = 3.29 \text{ m/s} < 7.5 \text{ m/s.} \quad \text{Correcto}$$

DEL NODO 5 AL NODO 6:

$$P_5 = 2.45 \text{ bar}$$

$$Q_{45} = 942.96 \text{ lt/min}$$

$$L_{t56} = 4.5 \text{ m}$$

$$D_{56} = \varnothing 80 \text{ mm}$$

Calculo del Caudal del Nodo 5 al Nodo 6

$$\text{Según Según ítem 3.2.1.8: } Q_5 = K_2 \times \sqrt{P_5} = 306.5 \times \sqrt{2.45} = 479.75 \text{ lt/min}$$

$$Q_{56} = Q_{45} + Q_5 = 942.96 + 479.75 = 1422.71 \text{ lt/min}$$

Como el tramo es horizontal no se considera perdidas por accesorios.

$$L_{equiv} = L_t + L_{accesorios} = 4.5 + 0 = 4.5 \text{ m}$$

Diámetro interno del tubo de $\varnothing 3'' = \varnothing 3.068'' = 77.93 \text{ mm}$ (Según Anexo B Tabla 4).

Luego reemplazando los valores en la ecuación (4.2)

$$P_f = \frac{605000(1422.71)^{1.85}}{120^{1.85}(77.93)^{4.87}} = 0.036 \text{ bar/m}$$

Perdida de presión por fricción total:

$$P_{ftotal} = L_{equiv} \times P_f = 4.5 \times 0.036 = 0.162 \text{ bar}$$

Pérdida total por elevación = 0

Presión Total:

$$P_6 = P_5 + P_{ft56} + P_{elev} = 2.45 + 0.162 + 0 = 2.612 \text{ bar}$$

Velocidad del flujo de agua

$$V = \frac{Q}{\left(\pi * \left(\frac{D}{2000}\right)^2 * 60000\right)} = \frac{1422.71}{\left(3.1416 * \left(\frac{77.93}{2000}\right)^2 * 60000\right)} = 4.97 \text{ m/s} < 7.5 \text{ m/s.} \quad \text{Correcto}$$

DEL NODO 6 AL NODO 7:

$$P_6 = 2.612 \text{ bar}$$

$$Q_{56} = 1422.71 \text{ lt/min}$$

$$L_{t67} = 4.5 \text{ m}$$

$$D_{67} = \varnothing 80 \text{ mm}$$

Calculo del Caudal del Nodo 6 al Nodo 7

$$\text{Según Según ítem 3.2.1.8: } Q_6 = K_2 \times \sqrt{P_6} = 306.5 \times \sqrt{2.612} = 495.35 \text{ lt/min}$$

$$Q_{67} = Q_{56} + Q_6 = 1422.71 + 495.35 = 1918.06 \text{ lt/min}$$

Como el tramo es horizontal no se considera perdidas por accesorios.

$$L_{equiv} = L_t + L_{accesorios} = 4.5 + 0 = 4.5 \text{ m}$$

Diámetro interno del tubo de $\varnothing 3'' = \varnothing 3.068'' = 77.93 \text{ mm}$ (Según Anexo B Tabla 4).

Luego reemplazando los valores en la ecuación (4.2)

$$P_f = \frac{605000(1918.06)^{1.85}}{120^{1.85}(77.93)^{4.87}} = 0.0625 \text{ bar / m}$$

Perdida de presión por fricción total:

$$P_{ftotal} = L_{equiv} \times P_f = 4.5 \times 0.0625 = 0.281 \text{ bar}$$

Pérdida total por elevación = 0

Presión Total:

$$P_7 = P_6 + P_{ft67} + P_{elev} = 2.612 + 0.281 + 0 = 2.893 \text{ bar}$$

Velocidad del flujo de agua

$$V = \frac{Q}{\left(\pi \left(\frac{D}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = \frac{1918.06}{\left(3.1416 \times \left(\frac{77.93}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = 6.7 \text{ m/s} < 7.5 \text{ m/s}.$$

Correcto

DEL NODO 7 AL NODO 8:

$$P_7 = 2.893 \text{ bar}$$

$$Q_{67} = 1918.06 \text{ lt/min}$$

$$L_{t78} = 18 \text{ m}$$

$$D_{78} = \varnothing 100 \text{ mm}$$

Calculo del Caudal del Nodo 7 al Nodo 8

$$\text{Según Según ítem 3.2.1.8: } Q_7 = K_2 \times \sqrt{P_7} = 306.5 \times \sqrt{2.893} = 521.32 \text{ lt/min}$$

$$Q_{78} = Q_{67} + Q_7 = 1918.06 + 521.32 = 2439.38 \text{ lt/min}$$

Como al final del tramo hay un cambio de dirección del flujo se considera el accesorio como una t de menor diámetro.

Longitud Equivalente de Accesorios en Longitud de Tubería (Tee 4") = 20 ft (según Anexo B Tabla 5)

$$20\text{ft} = 6.096 \text{ m}$$

$$L_{\text{equiv}} = L_t + L_{\text{accesorios}} = 18 + 6.096 = 24.096 \text{ m}$$

Diámetro interno del tubo de $\varnothing 4'' = \varnothing 4.026'' = 102.26 \text{ mm}$ (Según Anexo B Tabla 4).

Luego reemplazando los valores en la ecuación (4.2)

$$P_f = \frac{605000(2439.38)^{1.85}}{120^{1.85}(102.26)^{4.87}} = 0.026 \text{ bar/m}$$

Perdida de presión por fricción total:

$$P_{f\text{total}} = L_{\text{equiv}} \times P_f = 24.096 \times 0.026 = 0.6265 \text{ bar}$$

Pérdida total por elevación = 0

Presión Total:

$$P_8 = P_7 + P_{f78} + P_{\text{elev}} = 2.893 + 0.6265 + 0 = 3.52 \text{ bar}$$

Velocidad del flujo de agua

$$v = \frac{Q}{\left(\pi \left(\frac{D}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = \frac{2439.38}{(3.1416 \times \left(\frac{102.26}{2000}\right)^2 \times 60000)} = 4.95 \text{ m/s} < 7.5 \text{ m/s.} \quad \text{Correcto}$$

DEL NODO 8 AL NODO 9:

$$P_8 = 3.52 \text{ bar}$$

$$Q_{89} = 2439.38 \text{ lt/min}$$

$$L_{t89} = 24.86 \text{ m}$$

$$D_{89} = \varnothing 100 \text{ mm}$$

Como al final del tramo hay un cambio de dirección del flujo se considera el accesorio como una t de menor diámetro.

Longitud Equivalente de Accesorios en Longitud de Tubería (Tee 4") = 20 ft (Según Anexo B Tabla 5)

$$20 \text{ ft} = 6.096 \text{ m}$$

$$L_{\text{equiv}} = L_t + L_{\text{accesorios}} = 24.86 + 6.096 = 30.96 \text{ m}$$

Diámetro interno del tubo de $\varnothing 4'' = \varnothing 4.026'' = 102.26 \text{ mm}$ (Según Anexo B Tabla 4).

Luego reemplazando los valores en la ecuación (4.2)

$$P_f = \frac{605000(2439.38)^{1.85}}{120^{1.85}(102.26)^{4.87}} = 0.026 \text{ bar/m}$$

Perdida de presión por fricción total:

$$P_{f\text{total}} = L_{\text{equiv}} \times P_f = 30.96 \times 0.026 = 0.805 \text{ bar}$$

Pérdida total por elevación = 0

Presión Total:

$$P_9 = P_8 + P_{f89} + P_{\text{elev}} = 3.52 + 0.805 + 0 = 4.325 \text{ bar}$$

Velocidad del flujo de agua

$$V = \frac{Q}{\left(\pi \left(\frac{D}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = \frac{2439.38}{(3.1416 \times (102.26/2000)^2 \times 60000)} = 4.9 \text{ m/s} < 7.5 \text{ m/s}.$$

Correcto

DEL NODO 9 AL NODO 10:

$$P_9 = 4.325 \text{ bar}$$

$$Q_{910} = 2439.38 \text{ lt/min}$$

$$L_{t910} = 159 \text{ m}$$

$$D_{910} = \varnothing 150 \text{ mm}$$

Como al final del tramo hay un cambio de dirección del flujo se considera el accesorio como una t de menor diámetro.

Longitud Equivalente de Accesorios en Longitud de Tubería (Tee 6") = 30 ft (Según Anexo B tabla 5)

$$30 \text{ ft} = 9.144 \text{ m}$$

$$L_{\text{equiv}} = L_t + L_{\text{accesorios}} = 159 + 9.144 = 168.144 \text{ m}$$

Diámetro interno del tubo de $\varnothing 6'' = \varnothing 6.065'' = 154.051 \text{ mm}$ (Según Anexo B Tabla 4).

Luego reemplazando los valores en la ecuación (4.2)

$$P_f = \frac{605000(2439.38)^{1.85}}{120^{1.85}(154.051)^{4.87}} = 0.0035 \text{ bar/m}$$

Perdida de presión por fricción total:

$$P_{f\text{total}} = L_{\text{equiv}} \times P_f = 168.144 \times 0.0035 = 0.59 \text{ bar}$$

Pérdida total por elevación = 0

Presión Total:

$$P_{10} = P_9 + P_{f910} + P_{\text{elev}} = 4.325 + 0.59 + 0 = 4.915 \text{ bar}$$

Velocidad del flujo de agua

$$v = \frac{Q}{\left(\pi \left(\frac{D}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = \frac{2439.38}{\left(3.1416 \times \left(\frac{154.051}{2000}\right)^2 \times 60000\right)} = 2.18 \text{ m/s} < 7.5 \text{ m/s.} \quad \text{Correcto}$$

DEL NODO 10 AL NODO BCI:

$$P_{10} = 4.1915 \text{ bar}$$

$$Q_{10BCI} = 2439.38 \text{ lt/min}$$

$$L_{t10BCI} = 6.6 \text{ m}$$

$$D_{10BCI} = \varnothing 150 \text{ mm}$$

Como al final del tramo hay un cambio de dirección del flujo se considera el accesorio como una t de menor diámetro, además una válvula mariposa de 6", una válvula compuerta de 6" y una válvula de retención de 6".

Longitud Equivalente de Accesorios en Longitud de Tubería (Tee 6") = 30ft (Según Anexo B Tabla 5)

30 ft = 9.144 m (TEE), 10ft = 3.048m (válvula mariposa), 3 ft = 0.9144 m (válvula compuerta), 32 ft = 9.7536 m (válvula de retención)

$$L_{\text{accesorios}} = 9.144 + 3.048 + 0.9144 + 9.7536 = 22.88 \text{ m}$$

$$L_{\text{equiv}} = L_t + L_{\text{accesorios}} = 6.6 + 22.88 = 29.4 \text{ m}$$

Diámetro interno del tubo de $\varnothing 6'' = \varnothing 6.065'' = 154.051 \text{ mm}$ (Según Anexo B Tabla 4).

Luego reemplazando los valores en la ecuación (4.2)

$$P_f = \frac{605000(2439.38)^{1.85}}{120^{1.85}(154.051)^{4.87}} = 0.0035 \text{ bar/m}$$

Perdida de presión por fricción total:

$$P_{f\text{total}} = L_{\text{equiv}} \times P_f = 29.4 \times 0.0035 = 0.1029 \text{ bar}$$

Pérdida total por elevación =

$$6.6 \text{ m} = 0.64 \text{ bar}$$

Presión Total:

$$P_{BCI} = P_{10} + P_{f10BCI} + P_{\text{elev}} = 4.915 + 0.1029 + 0.64 = 5.66 \text{ bar}$$

Velocidad del flujo de agua

$$V = \frac{Q}{\left(\pi * (D/2000)^2 * 60000\right)} = \frac{2439.38}{(3.1416 * (154.051/2000)^2 * 60000)} = 2.18 \text{ m/s} < 7.5 \text{ m/s}. \quad \text{Correcto}$$

CALCULOS HIDRAULICOS

Para

Centro Educativo

Escenario

Plano de referencia: ACI 03

Datos de diseño

Clasificación de Riesgo	Ordinario II
Presión Mínima (bar)	1.48
Área de aplicación (m ²)	185.80
Densidad de aplicación de agua (gpm/pie ²)	0.2
Tipo de Sistema	Húmedo
Pendiente de techo	0°
Rociador (lt/min)/bar ^{0.5}	K= 80
Temperatura – Respuesta	T = 68°C
Cobertura por rociador (m ²)	12.1
Numero de rociadores calculados	12
Caudal Mínimo requerido (lt/min)	2439.38
Presión mínima requerida (bar)	5.66

Diseñador: Jorge German Pérez Piñas

El volumen de agua de la cisterna se dimensiona de acuerdo al resultado de caudal requerido que es 2439.38lt/min.

Como el tiempo estimado de operación es de 90 minutos entonces el volumen será de:

$$2439.38 \text{ lt/min} \times 90 \text{ min} = 219544.2 \text{ lt} = 219.5 \text{ m}^3.$$

Entonces el volumen mínimo requerido será de: 219.5 m³. (Para uso exclusivo del Sistema Contra Incendio).

El equipo de bombeo que cumple estas características es:

Bomba principal:

Motobomba

Tipo: Horizontal Carcasa bipartida

Listada y Aprobada para Sistemas Contra Incendio: UL/FM.

Caudal de Operación 750 gpm (2839 lt/min).

Presión de Operación: 150 psi (10.34 bar).

Marca Recomendada: Grundfos, Patterson, Aurora, Peerless.



Figura 5.1 Motobomba Principal

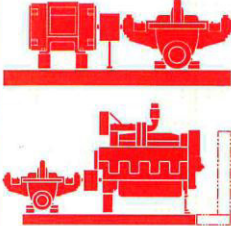
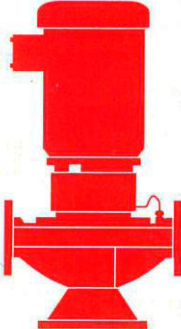
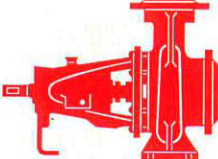

Fuente: www.aguasintegrales.com/detalle.php?opc1=21



Figura 5.2 Fotos de bomba de carcasa bipartida Real Plaza Centro Cívico

Fuente: Elaboración Propia

CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES DE BOMBAS CONTRA INCENDIO

				
	Bombas Horizontales Contra Incendio, Listadas UL y ULC, Aprobadas FM	Bombas En-Línea Contra Incendio, Listadas UL y ULC	Bombas de Succión al Extremo Contra Incendio, Listadas UL y Aprobadas FM	Bombas Verticales Contra Incendio, Listadas UL y ULC, Aprobadas FM
Tipo	Bombas de carcasa bipartida con los accesorios adecuados para proporcionar un suministro de agua para los sistemas de protección contra incendio en edificios, plantas y jardines. Tipos: AF, ADF, AEF, TUF, TUTF.	Bombas centrífugas compactas en línea contra incendio con accesorios adecuados para suministrar agua a los sistemas de protección contra incendio en edificios, plantas y jardines. Tipo: PVF.	Bombas centrífugas con los accesorios adecuados para suministrar agua o los sistemas de protección contra incendio en edificios, plantas y jardines. Tipo: UNF.	Bombas de turbina vertical con los accesorios adecuados para suministrar agua a los sistemas de protección contra incendio en edificios, plantas y jardines.
Capacidades	250 a 5,000 gmp (57 a 1,136 m³/hr)	50 a 500 gmp (11 a 114 m³/hr)	Hasta 1,500 gmp (114 m³/hr)	250 a 5,000 gmp (57 a 1,136 m³/hr)
Carga	92 a 630 pies (28 a 192 metros)	Hasta 406 pies (123 metros)	Hasta 340 pies (104 metros)	92 a 1,176 pies (28 a 359 metros)
Presión	Hasta 640 psi (45 kg/cm², 4,414kPa)	Hasta 175 psi (12 kg/cm², 1,207 kPa)	Hasta 147 psi (10 kg/cm², 1,014kPa)	Según la aplicación
Caballaje	Hasta 800 hp (597 kW)	Hasta 75 hp (56 kW)	Hasta 75 hp (56 kW)	Hasta 600 hp (448 kW)
Motores	Motores eléctricos horizontales, motores diesel y turbinas de vapor	Motores eléctricos verticales con acoplamiento compacto (close coupled)	Motores eléctricos horizontales y motores diesel.	Motores eléctricos verticales y motores diesel con engranes en ángulo recto y turbinas de vapor.
Líquido Bombeado	Agua	Agua	Agua	Agua
Temperatura	Ambiente dentro de los límites para la operación satisfactoria del equipo.	Ambiente dentro de los límites para la operación satisfactoria del equipo.	Ambiente dentro de los límites para la operación satisfactoria del equipo.	Hasta 115°F (46°C)
Materiales de Construcción	Hierro fundido con accesorios de bronce como estándar. Se disponen de materiales opcionales para aplicaciones con agua de mar.	Hierro fundido con accesorios de bronce.	Hierro fundido con accesorios de bronce.	Hierro fundido con accesorios de bronce como estándar. Se disponen de materiales opcionales para aplicaciones con agua de mar.
Información Adicional	Folleto B-1510 (tablas de selección)	Folleto B-1510 (tablas de selección)	Folleto F-1900 Folleto B-1510 (tablas de selección)	Folleto B-1510 (tablas de selección)

Cuadro 5.1 Tipos de Bombas Contra Incendio

Fuente: Engeniering solution S.A.C.

Bomba Jockey:

Tipo: Turbina regenerativa.

Listada y Aprobada para Sistemas Contra Incendio: UL/FM.

Caudal de Operación 5gpm (18.92 lt/min).

Presión de Operación: 125 psi (8.61 bar).

Marca Recomendada: Grundfos.

Tableros Controladores:

Marca: Firetrol, Metron u otro Listado y Aprobado UL/FM.



Figura 5.3 Bomba Jockey Real Plaza Centro Cívico

Fuente: Elaboración Propia

Las bombas tipo turbina regenerativa son ideales para condiciones de: altas cargas y flujos bajos.

Los alabes del impulsor al girar, imprimen al líquido un movimiento circular y lo conducen a través de los canales de los interiores de la bomba. Al combinar la fuerza centrífuga con la velocidad angular del líquido, la presión se va regenerando desde la succión hasta la descarga, obteniéndose de esta forma altas presiones.

En el plano ACI 01 se muestra un plano general de todo el centro educativo.

En el plano ACI 02 un plano isométrico con el área de diseño hidráulico.

En el plano ACI 03 el área de diseño (escenario).

La distribución del cuarto de bombas y de la soportería dela red se muestran en los Planos ACI 04 y ACI 05.

CAPITULO V

EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica tiene por objetivo identificar las ventajas y desventajas asociadas a la inversión en un proyecto en este caso la de implementar un sistema de rociadores contra incendio en un centro educativo antes de la implementación del mismo. La evaluación económica integra en su análisis tanto los costos monetarios como los beneficios expresados en otras unidades relacionadas con las mejoras en las condiciones de protección de vida de un grupo de personas que están dentro de dicho centro educativo.

Normalmente es fácil cuantificar los costos, porque en todo proyecto hay un gasto de dinero. Por el lado de los beneficios la cuestión se complica si no se trata de beneficios monetarios. Es decir, si hablamos, por ejemplo, de la vida humana no hay un precio que cuantifique cuánto vale. Además también hay un beneficio económico en caso de un incendio ya que si dicho centro educativo está protegido con un sistema de rociadores las pérdidas económicas serían menores

5.1 Tipos de costos:

A grandes rasgos los costos de cualquier proyecto se pueden incluir en los cuatro tipos que se señalan a continuación:

5.1.1 Costos directos.- Gastos de inversión en bienes muebles e inmuebles, personal, formación, etc. Se relacionan directamente con alguna o algunas de las actividades y resultados planificados. Por ejemplo, la instalación de un sistema automático de protección contra incendio de un centro educativo que antes se protegía con elementos pasivos y manuales, es un gasto que se vincula directamente con el resultado “protección de equipos y de la vida humana”.

5.1.2 Costos indirectos.- No están relacionados directamente con actividades o resultados, sino con el conjunto de ellos. Se les suele llamar gastos de administración o de funcionamiento.

5.1.3 Costos de oportunidad.- Es el costo en el que se incurre por seleccionar una alternativa (un tipo de proyecto) y rechazar otra u otras. En el caso citado de implementación de un sistema de rociadores contra incendio en un centro educativo o un sistema manual de protección contra incendio.

5.2 Tipos de beneficios

5.2.1 Beneficios percibidos por las personas.- Son beneficios no monetarios percibidos de manera subjetiva por las personas o definidos, igualmente de manera subjetiva, por profesionales o especialistas de determinadas materias. Por ejemplo, si se pone en marcha un proyecto de instalación de un sistema automático de protección contra incendios las personas dentro del centro educativo se sentirían que están en un lugar protegido en caso de un incendio

5.2.2 Beneficios objetivos no monetarios.- Se trata de beneficios objetivos en el sentido de que su cuantificación ya está definida. Por ejemplo: número de ambientes protegidos con rociadores automáticos contra incendio.

5.2.3 Beneficios monetarios.- Se refieren casi siempre a la rentabilidad de una inversión realizada, en este caso la protección de una vida humana en caso de un incendio.

5.3 Presupuesto estimado

El presupuesto es el plan financiero estimado para un proyecto, para el cual se requiere administrar fondos. Este documento debe incluir los gastos en los que se prevé incurrir en un período de tiempo determinado, como también el ingreso que se generará durante el transcurso del proyecto. El presupuesto es un componente muy importante de la propuesta, ya que constituye la imagen financiera del proyecto. Un presupuesto bien concebido puede contribuir en gran medida a la comprensión del proyecto por parte de la institución donante.

El presupuesto estimado para la instalación de un sistema de rociadores contra incendio en el centro educativo consta del presupuesto del cuarto de bombas y de las redes de tuberías junto a los sistemas de rociadores contra incendio, en dicho presupuesto está el costo de los equipos, materiales y mano de obra, los precios están en dólares americanos.

SISTEMA DE EXTINCION DE INCENDIOS					
SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO					
CENTRO EDUCATIVO					
DESCRIPCION	MEDIDA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
TUBERIA SCH-40 ASTM-53					
TUBERIA SCH-40	6"	167	ml.	36.36	\$6,072.12
TUBERIA SCH-40	4"	74	ml.	29.45	\$2,179.30
TUBERIA SCH-40	3"	50	ml.	19.15	\$957.50
TUBERIA SCH-40	2.1/2"	30	ml.	11.93	\$357.90
TUBERIA SCH-40	2"	28	ml.	7.39	\$206.92
TUBERIA SCH-40	1.1/2"	58	ml.	5.67	\$328.86
TUBERIA SCH-40	1.1/4"	170	ml.	4.77	\$810.90
TUBERIA SCH-40	1"	200	ml.	2.92	\$584.00
					\$11,497.50
VALVULAS					
VALVULA DE BOLA BRONCE PASO-TOTAL GIACOMINI	2"	2	Und.	33.94	\$67.88
VALVULA MARIPOSA SWITCH SUPERVISOR RANURADA	4"	1	Und.	235.34	\$235.34
VALVULA MARIPOSA SWITCH SUPERVISOR RANURADA	3"	1	Und.	214.83	\$214.83
RISER CHECK	4"	1	Und.	181.36	\$181.36
RISER CHECK	3"	1	Und.	161.93	\$161.93
TRIM DE RISER CHECK	4"	2	Und.	171	\$342.00
TRIM DE RISER CHECK	3"	2	Und.	130.63	\$261.26
DETECTOR FLUJO	4"	1	Und.	103.64	\$103.64
DETECTOR FLUJO	3"	1	Und.	103.64	\$103.64
VALVULA DE PRUEBA Y DRENAJE CON VISOR GIACOMINI	1.1/4"	2	Und.	112.27	\$224.54
VALVULA DE 3 VIAS	1/4"	4	Und.	9.5	\$38.00
MANOMETRO CON GLICERINA	300 PSI	4	Und.	16.19	\$64.76
					\$1,999.18
ACCESORIOS RANURADOS					
ACOPLE FLEXIBLE	6"	3	Und.	10.52	\$31.56
ACOPLE FLEXIBLE	4"	5	Und.	5.94	\$29.70
ACOPLE FLEXIBLE	3"	3	Und.	5.02	\$15.06
ACOPLE FLEXIBLE	2.1/2"	4	Und.	3.7	\$14.80
ACOPLE FLEXIBLE	2"	4	Und.	3.3	\$13.20
ACOPLE RIGIDO	6"	6	Und.	9.07	\$54.42
ACOPLE RIGIDO	4"	18	Und.	5.24	\$94.32
ACOPLE RIGIDO	3"	7	Und.	5.02	\$35.14
ACOPLE RIGIDO	2.1/2"	3	Und.	3.51	\$10.53
ACOPLE RIGIDO	2"	4	Und.	3.35	\$13.40
CODO RANURADO	6"x90º	2	Und.	15.01	\$30.02
CODO RANURADO	4"x90º	4	Und.	7.02	\$28.08
CODO RANURADO	3"x90º	2	Und.	4.86	\$9.72
REDUCCION CONCENTRICA	4"x3"	3	Und.	41.48	\$124.44
TEE RANURADO	4"	2	Und.	10.52	\$21.04
TEE MECANICA	2.1/2"x1.1/2"	4	Und.	4.22	\$16.88
BRIDA RANURADA	6"	3	Und.	18.78	\$56.34
					\$598.65

ACCESORIOS ROSCADOS					
CODO REDUCTOR	2"x1.1/2"x90º	58	Und.	5.4	\$313.20
CODO ROSCADO	1.1/4"x90º	65	Und.	1.9	\$123.50
TAPON MACHO	2"	60	Und.	5.1	\$306.00
TEE ROSCADA	1.1/4"	55	Und.	1.3	\$71.50
UNION UNIVERSAL	1.1/4"	65	Und.	2.42	\$157.30
TEE ROSCADA	1"	55	Und.	1.3	\$71.50
UNION UNIVERSAL	1"	65	Und.	2.42	\$157.30
UNION ROSCADA	1/2"	115	Und.	1.23	\$141.45
ROCIADORES	1/2"	115	Und.	8.9	\$1,023.50
					\$2,365.25
ACCESORIOS SOLDABLES Y/O BRIDADOS					
SALIDA SOLDABLE RANURADA	4"x6"	2	Und.	42.55	\$85.10
SALIDA SOLDABLE RANURADA	3"x6"	2	Und.	26.46	\$52.92
SALIDA SOLDABLE RANURADA	2"x6"	2	Und.	7.77	\$15.54
TAPON CON PURGA BRIDADO	6"	5	Und.	31.82	\$159.10
					\$312.66
SOPORTES Y COLGADORES					
ANGULO	2"x2"x1/4" (6 m)	1	Und.	34.11	\$34.11
ANGULO	2"x1 1/2"x1/4" (6 m)	1	Und.	29.69	\$29.69
PLANCHA DE ACERO	1m x1m x 3/8"	4	Und.	39.77	\$159.08
ANTISISMICO	4v x 8"	2	Und.	40.98	\$81.96
ANTISISMICO	4v x 3"	2	Und.	35.85	\$71.70
PERNOS	3/8"	65	Und.	0.11	\$7.15
TACO DE EXPANSIÓN	3/8"	65	Und.	0.28	\$18.20
U-BOLT	6"x5/8"	10	Und.	12.42	\$124.20
U-BOLT	4"x3/8"	3	Und.	2.06	\$6.18
U-BOLT	3"x3/8"	14	Und.	1.84	\$25.76
U-BOLT	2.1/2"x3/8"	7	Und.	1.9	\$13.30
VARIOS		1	Glb.	113.64	\$113.64
					\$684.97
CONSUMIBLES					
MACROPOXY 850 (A+B)		4	Gln.	34.09	\$136.36
Diluy.Epóxico Universal R10033		1	Gln.	13.4	\$13.40
MACROPOXY 850 (A+B)		4	Gln.	34.09	\$136.36
Diluy.Epóxico Universal R10033		1	Gln.	13.4	\$13.40
ARENADO		50	m2	7.95	\$397.50
GRASA VICTAULIC PARA ACCESORIOS RANURADOS		2	¼ Gln.	38.64	\$77.28
PASTA SELLADORA		2	¼ Gal.	42.05	\$84.10
TEFLON	3/4"	7	Und.	0.92	\$6.44
LIJA, WAYPE, SOLDADURA, OTROS.		1	Glb.	170.45	\$170.45
					\$1,035.29
INSTALACION Y/O MANO DE OBRA					
INSTALACION, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE EXTINCION CONTRA INCENDIO.		1	Glb.	5,599.66	\$5,599.66
PRECIO FINAL DE INSTALACION DE SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO					\$24,093.16

SISTEMA DE EXTINCION DE INCENDIOS					
SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO					
CENTRO EDUCATIVO					
DESCRIPCION	MEDIDA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
CUARTO DE BOMBAS					
TUBERIA SCH-40 ASTM-53					
TUBERIA SCH-40	6"	30	Und.	36.36	\$1,090.80
TUBERIA SCH-40	2"	18	Und.	7.39	\$133.02
					\$1,223.82
ACCESORIOS RANURADOS					
ACOPLE RIGIDO	6"	6	Und.	9.07	\$54.42
CODO RANURADO	6"x90º	3	Und.	15.01	\$45.03
					\$99.45
VALVULAS					
VALVULA MARIPOSA SWITCH SUPERVISOR RANURADA	6"	2	Und.	390.11	\$780.22
VALVULA CHECK RANURADA	6"	2	Und.	696.51	\$1,393.02
VALVULA CHECK SWING BRONCE ROSCADA	1.1/2"	1	Und.	45.13	\$45.13
VALVULA OS & Y BRIDADA	6"	1	Und.	733.64	\$733.64
TAMPER SWITCH PARA VALVULA OS&Y		1	Und.	119.32	\$119.32
VALVULA CHECK SWING BRONCE ROSCADA	1.1/2"	1	Und.	45.13	\$45.13
VALVULA CHECK SWING BRONCE ROSCADA DE 1/2" C/ORIFICIO 3/32"	1/2"	4	Und.	21.59	\$86.36
VALVULA DE BOLA BRONCE PASO-TOTAL GIACOMINI	1/2"	10	Und.	4.43	\$44.30
VALVULA DE 3 VIAS	1/4"	2	Und.	9.5	\$19.00
MANOMETRO CON GLICERINA	300 PSI	2	Und.	16.19	\$32.38
VALVULA DE ALIVIO	1/2"	1	Und.	49.56	\$49.56
					\$5,994.60
ACCESORIOS SOLDABLES Y/O BRIDADOS					
SALIDA SOLDABLE RANURADA	2"x6"	3	Und.	9.95	\$29.85
BRIDA SOLDABLE	6"	4	Und.	29.08	\$116.32
BRIDA SOLDABLE	4"	3	Und.	17.49	\$52.47
PLATO VORTEX		1	Glb.	125	\$125.00
					\$323.64
ACCESORIOS ROSCADOS					
CODO ROSCADO	2"x90º	9	Und.	1.75	\$15.75
TEE REDUCTORA	2"x2"x1/2"	4	Und.	3.88	\$15.52
TEE ROSCADA	2"	4	Und.	2.52	\$10.08
REDUCCION BUSHING	1/2 x 1/4"	4	Und.	0.2	\$0.80
UNION UNIVERSAL	2"	6	Und.	4.97	\$29.82
ACCESORIOS VARIOS		1	Glb.	340.91	\$340.91
					\$412.88

CONSUMIBLES					
MACROPOXY 850 (A+B)		4	Gln.	34.09	\$136.36
Diluy.Epóxico Universal R10033		1	Gln.	13.4	\$13.40
MACROPOXY 850 (A+B)		4	Gln.	34.09	\$136.36
Diluy.Epóxico Universal R10033		1	Gln.	13.4	\$13.40
ARENADO		52	m2	7.95	\$413.40
GRASA VICTAULIC PARA ACCESORIOS RANURADOS		2	¼ Gln.	38.64	\$77.28
PASTA SELLADORA		2	¼ Gal.	42.05	\$84.10
TEFLON	3/4"	26	Und.	0.92	\$23.92
LIJA, WAYPE, SOLDADURA, OTROS.		1	Glb.	170.45	\$170.45
SOPORTES		1	Glb.	170.45	\$170.45
					\$1,239.12
INSTALACION DE BOMBAS, TABLEROS, VALVULAS Y ACCESORIOS					
LA INSTALACION INCLUYE:		1	Glb.	3,213.64	\$3,213.64
*SERVICIO DE INSTALACION Y REPLANTEO DE LA MOTOBOMBA CONTRA INCENDIO,					
ADECUANDO A LA DISPONIBILIDAD DE ESPACIO, UBICACIÓN Y REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.					
*INSTALACION DE BOMBA JOCKEY.					
*INSTALACION DEL SISTEMA ELECTRICO PARA EL MONTAJE DE LOS TABLEROS CONTROLADORES DE LA BOMBA PRINCIPAL Y JOCKEY.					
*INSTALACION DE LINEA SENSORA DE PRESION.					
*INSTALACION DE SISTEMA DE COMBUSTIBLE, INC. COMBUSTIBLE.					
*INSTALACION DE SISTEMA DE REFRIGERACION.					
*INSTALACION DE ESCAPE DE GASES.					
*INSTALACION DE SOPORTES Y OTROS.					
*INTERCONEXION DE CISTERNAS					
 AISLAMIENTO TERMICO					
LANA MINERAL DE ROCA 2" ESPESOR		14	m2	15.91	\$222.74
CHAQUETA DE ALUMINIO		17	m3	14.09	\$239.53
CHAQUETA DE ALUMINIO PARA CODOS	6"	7	ml.	12.5	\$87.50
CAÑOS DE LANA MINERAL		2	Glb.	5.68	\$11.36
INSTALACION		1	Glb.	113.64	\$113.64
					\$674.77
CUARTO DE BOMBAS					\$12,507.15
PRECIO DEL KIT: MOTOR DIESEL, BOMBA PRINCIPAL, BOMBA JOCKEY. TABLEROS CONTROLADORES					\$ 28000.00
PRECIO TOTAL DEL SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIOS DEL CENTRO EDUCATIVO					
PRECIO DEL KIT					\$28,000.00
PRECIO FINAL DEL CUARTO DE BOMBAS					\$12,507.15
PRECIO FINAL DE INSTALACION DE SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO					\$24,093.16
					\$64,600.31
I.G.V. 18%					11,628.06
PRECIO TOTAL:					\$76,228.37

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se calculó y selecciono utilizando los cálculos hidráulicos y la normativa vigente el sistema de rociadores contra incendio para un centro educativo.

Se realizó un documento que sirve como base para la elaboración de un cálculo y selección de sistema de rociadores y de acuerdo a los resultados obtenidos se diseñó un sistema en un centro educativo.

Se realizó el esquema de distribución con sistema húmedo de rociadores contra incendio en el área de estudio.

Se determinó que el sistema necesita un caudal mínimo de 2439 lt/min y una presión de 5.66 bares.

Se determinó una caída de presión en el sistema de 4.18 bares.

Se seleccionó rociadores tipo colgantes con un $K=80(\text{lt/min})/\text{bar}^{0.5}$ y $T=68^{\circ}\text{C}$.

Para este sistema se seleccionó una bomba principal con un caudal de operación 750gpm = 2839lt/min y una presión de operación 150Psi = 10.34 bar, y para la bomba jockey con un caudal de operación 5gpm = 18.92lt/min y una presión de operación 125Psi = 8.61 bar.

RECOMENDACIONES

Se debe realizar de acuerdo a la NFPA 25 mantenimientos periódicos para verificar que el sistema de protección contra incendio está en funcionamiento y operativo.

Se debe tener en cuenta las obstrucciones presentes en el área que protege los rociadores debido a que estas pueden afectar el patrón de descarga y no cubrir el riesgo, esto se puede solucionar añadiendo rociadores adicionales a nuestro diseño inicial.

Las personas deben estar entrenadas para la manipulación de equipos y el accionamiento en caso se incendios.

Tener presente que la finalidad de las instalaciones de un Sistema Contra incendio es proveer un grado de protección y seguridad, para la conservación de los edificios, sus contenidos, y sus ocupantes. Y no hay que olvidar que los sistemas contraincendios salvan vidas.

Se debe contar con un medidor de corrosión, el cual consiste en tomar muestras de agua el sistema a fin de que pueda ser analizado en laboratorio y así definir el grado de corrosión que se está causando en la red de tubería instalada.

Se debe probar la totalidad del sistema de acuerdo a la norma de instalación NFPA 13. La prueba debe hacerse una vez instalados los rociadores, para asegurarnos que los rociadores no han sufrido daños y están perfectamente roscados.

BIBLIOGRAFIA

SOTELO, GILBERTO “Hidráulica General”, 1997.

ROCHA, ARTURO “Hidráulica de Tuberías”, 1979.

Mc NAUGBTON “Bombas: Selección, uso y mantenimiento” ,1992.

SHAVES IRVING A “Mecánica de fluidos”, 1992.

PHILIP M J. GROSS RICHARD; HOCHSTEIN JOHN “Fundamentos de mecánica de fluidos”,1998.

MERLE C. POTTER, DAVID C. WIGGERT “Mecánica de fluidos”, 2002

RNE “Reglamento Nacional de Edificaciones”, 2013.

NFPA 13 “Norma para la instalación de sistema de rociadores.”2011.

NFPA 14 “Norma para la instalación de tubería vertical y de mangueras”, 2007.

NFPA 20 “Norma para la instalación de bombas estacionarias contra incendios” 2007.

NFPA 25 “Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas de protección de incendios a base de agua” 2011.

NFPA 72 “Código Nacional de Alarmas de Incendios y Señalización”,2011.

Wayne G. Carson / Richard L. Klinker “Sistema de Protección Contra Incendio Manual para Inspecciones, Pruebas y Mantenimiento.” 2003

José Antonio Neira Rodríguez “Instalaciones de Protección contra Incendios.” 2006

www.tyco-fire.com

www.vikinggroupinc.com

www.durman.com.mx

Anexo A

Cuadro1.- Tipo de Ocupaciones

Ocupaciones de Riesgo Ligero:

Incluye a las ocupaciones que tienen usos y condiciones similares a los siguientes:

- Iglesias.
- Clubes.
- Centros Educativos.
- Hospitales.
- Centros Penitenciarios.
- Bibliotecas, excepto cuartos grandes pilas de libros.
- Museos.
- Asilos o Casas de convalecencia.
- Oficinas, incluyendo procesamiento de datos.
- Viviendas.
- Áreas de comedor, Restaurantes.
- Teatros y Auditorios, excluyendo los escenarios.

Ocupaciones de Riesgo Ordinario (Grupo I):

- Estacionamientos y Salas de exhibición de automóviles.
- Panaderías.
- Fábrica de Bebidas.
- Enlatadoras.
- Fabricación y procesamiento de productos lácteos.
- Plantas Electrónicas.
- Fabricación de Vidrios y Productos de Vidrio.
- Lavanderías.
- Área de servicios de restaurante.

Ocupaciones de Riesgo Ordinario (Grupo II):

- Molinos cerealeros.
- Plantas de Productos químicos – ordinarias.
- Productos de Confeitería.
- Destilerías.
- Tintorerías.
- Molinos Forrajeros.
- Caballerizas.
- Fábricas de productos de cuero.
- Bibliotecas – Áreas de salas grandes pilas de libro.
- Talleres de Maquinaria.
- Trabajo de metales.
- Centros mercantiles.

- Molinos de Papel y Pulpa.
- Plantas procesadoras de papel.
- Muelles y embarcaderos.
- Oficinas de correo.
- Imprentas y talleres de artes gráficas.
- Talleres de reparación.
- Áreas de aplicación de resinas.
- Escenarios.
- Fábrica de productos textiles.
- Fábrica de neumáticos.
- Fábrica de productos de base de tabaco.
- Máquina de maderas.
- Ensamblaje de productos madereros.

Ocupaciones de Riesgo Extra (Grupo I):

- Hangares para aeronaves.
- Áreas de utilización de fluido hidráulico combustible.
- Fundiciones.
- Extrusión de metales.
- Fabricación de madera laminada y tabla de partícula.
- Imprentas.
- Recuperación, Composición, secado, triturado y vulcanizado de goma.
- Aserraderos.
- Plantas textiles de selección, apertura, mezcla, tratamiento o cardado, combinación de algodón, fibras sintéticas, lana regenerada o arpillera.
- Tapizados con espuma plásticas.

Ocupaciones de Riesgo Extra (Grupo II):

- Saturación de asfaltos.
- Pulverización de líquidos inflamables.
- Revestimiento fluido.
- Ensamblado de casas prefabricadas o de edificios modulares (cuando el cerramiento acabado se encuentre presente y posea interiores combustibles).
- Templado con aceite en cuba abierta.
- Procesamiento de plástico.
- Limpieza de disolventes.
- Barnizado y pintado por inmersión.

Anexo B

Tabla 1: Demanda para mangueras

Ocupación	Mangueras Interiores (gpm)	Total combinado de las mangueras interiores y exteriores(gpm)	Duración en (minutos)
Riesgo Ligero	50 - 100	100	30
Riesgo Ordinario	50 - 100	250	60-90
Riesgo Extra	50 - 100	500	90-120

Fuente: tabla 11.2.3.1.1 NFPA 13

Tabla 2: Coeficiente de Hazen Williams

TPO DE TUBERIA	“C” Coeficiente de Hanzen –Williams
Asbesto cemento	140
Policloruro de vinilo PVC	140
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Fierro fundido	100
Fierro galvanizado	100
Concreto	110
Polietileno	140
Hierro fundido nuevo con revestimiento interior de mortero	150
Hierro fundido revestido alquitrán, con 5 años	120
Hierro fundido tuberculizado con 20 años	95
Concreto moldeado liso	120
Concreto moldeado no metálico (moldes)	110

Tabla 3: Espaciamiento y Cobertura de Rociadores

Riesgo Ligero

Área de protección y Máximo espaciamiento (Rociadores estándar Upright / Pendet)

Tipo de combustible	Tipo de calculo	Área de Protección		Espaciamiento Máximo	
		Pies ²	m ²	pies	m
Incombustible obstruida y sin obstrucciones y combustibles sin obstrucciones con miembros a 3 pies o más entre centros	Por tablas de calculo	200	18.6	15	4.6
Incombustible obstruida y sin obstrucciones y combustibles sin obstrucciones con miembros a 3 pies o más entre centros	Calculado Hidráulicamente	225	20.9	15	4.6
Combustible obstruida con miembros a 3 pies o más entre centros	Todos	168	15.6	15	4.6
Combustible obstruida con miembros a 3 pies o más entre centros	Todos	130	12.1	15	4.6

Riesgo Ordinario

Área de protección y Máximo espaciamiento (Rociadores estándar Upright / Pendet)

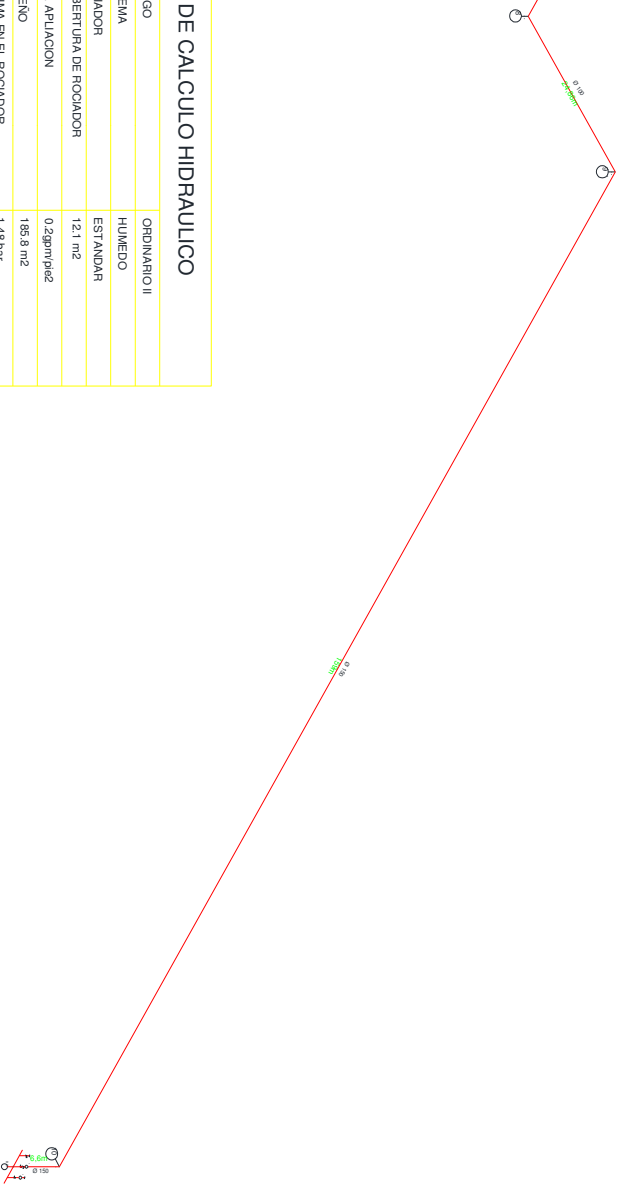
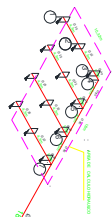
Tipo de Construcción	Tipo de Sistema	Área de Protección		Espaciamiento Máximo	
		Pies ²	m ²	pies	m
Todos	Todos	130	12.1	15	4.6

Tabla 4: Diámetros internos de tuberías

Diámetros Nominales											
	1"	1.25"	1.5"	2"	2.5"	3"	3.5"	4"	5"	6"	8"
Cedula 10	1.09	1.44	1.68	2.15	2.63	3.26	3.76	4.26	5.29	6.35	8.24
											8.07
Cedula 40	1.049	1.38	1.61	2.067	2.469	3.068	3.548	4.026	5.047	6.065	7.98

Tabla 5: Accesorios y Válvulas expresado en longitud Equivalente en Tuberías (pies)

Accesorios y Válvulas	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"
Codo 45°		1	1	1	2	2	3	3	4	7
Codo Normal 90°	1	2	2	3	4	5	6	7	10	14
Codo radio largo 90°	0.5	1	2	2	2	3	4	5	6	9
Te o Cruz	3	4	5	6	8	10	12	15	20	30
Flujo a 90°	3	4	5	6	8	10	12	15	20	30
Válvula Mariposa						6	7	10	12	10
Válvula Compuerta						1	1	1	2	3
Válvula de retención			5	7	9	11	14	16	22	32

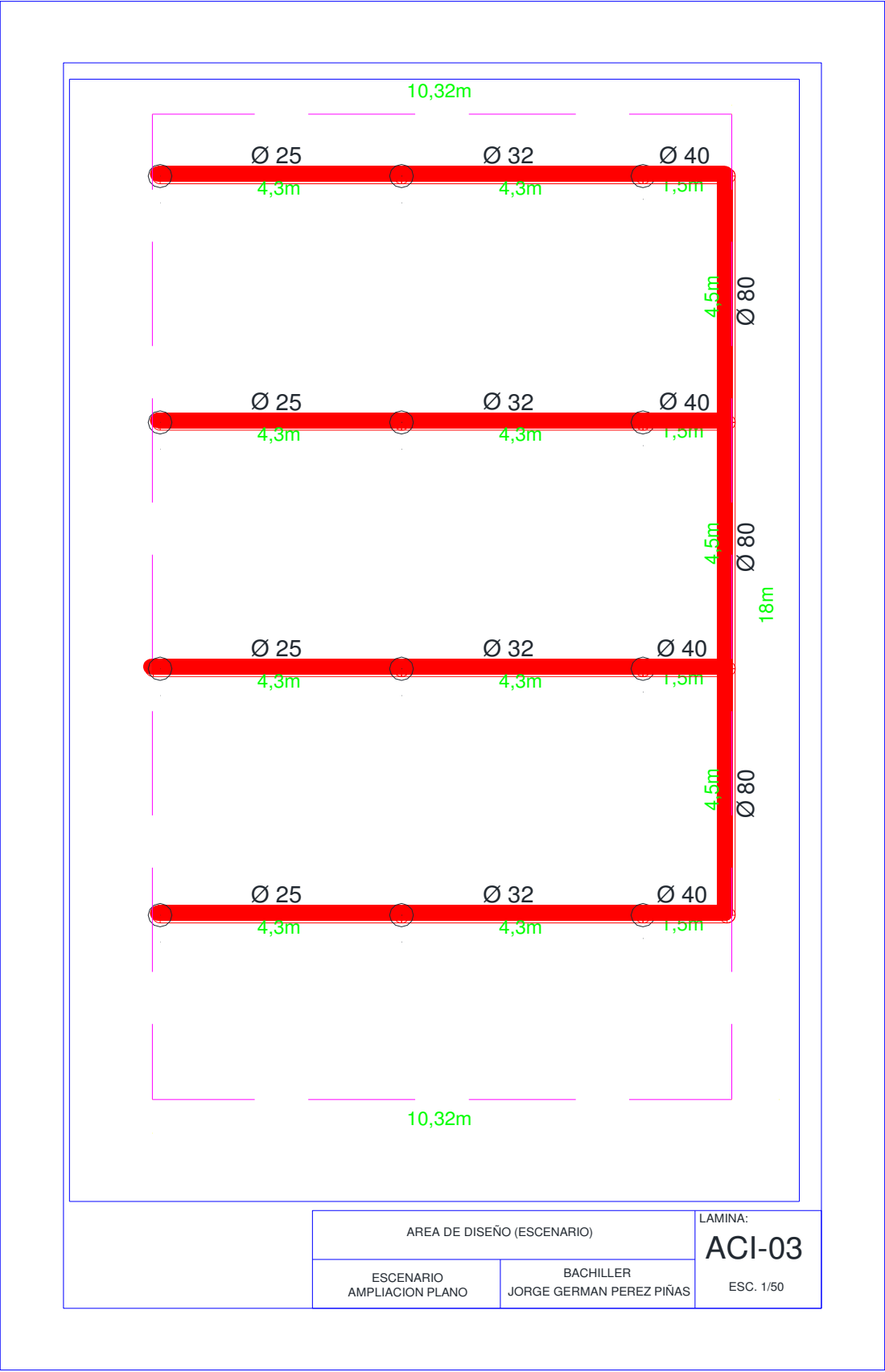


DATOS DE CALCULO HIDRAULICO

TIPO DE RIESGO	ORDINARIO II
TIPO DE SISTEMA	HUMEDO
TIPO DE ROCIADOR	ESTANDAR
AREA DE COBERTURA DE ROCIADOR	12.1 m2
DENSIDAD DE APLICACION	0.24mpmpa2
AREA DE DISEÑO	165.8 m2
PRESION MINIMA EN EL ROCIADOR	1.45 bar.
NUMERO DE ROCIADORES CALCULADOS	12 und.
CAUDAL TOTAL DEL SISTEMA	249.38 l./min.
PRESION MINIMA REQUERIDA POR EL SISTEMA	5.56 bar.

NOTA:
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS
- TODOS LOS DIAMETROS ESTAN EN MILIMETROS

SISTEMA DE ROCIADORES Y AREA DE DISEÑO (COMENTARIO)	CALCULO
CENTRO EDUCATIVO	REPORTER
ROCIADOR	CONJUNTO DE MANO PEREZ-PALAS
ACI-02	ESQ. 1/250



SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO

<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>	<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>	<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>	<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>
<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>	<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>	<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>	<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>
<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>	<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>	<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>	<p>CONEXIÓN PARA TUBERÍA DE 1/2" (12.5 mm) Y TUBERÍA PARA SISTEMA DE ROCIADORES</p>